# Archiv für Hygiene und Bakteriologie

Digitized by Google




PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

Digitized by Google

# ARCHIV

UNIV. OF CALIFORNIA

FÜR

# HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

**J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,**

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

**STRASSBURG MÜNCHEN LEIPZIG BERLIN.**

**FÜNFZIGSTER BAND.**

MÜNCHEN UND BERLIN.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.
1904.

Digitized by Google

RA421
A15
v.50
BIOLOGY
LIBRARY
PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

Digitized by Google

# Inhalt.



754921

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

# Grundlagen für die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen mit einem Beitrag zur Frage des Mindestschlafraumes.

Von

Geheimrat **M. Rubner** und Privatdozent Dr. **Wolpert.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

## Einleitung.

Die Wohnungshygiene steht heutzutage, wo eine Reihe allgemeiner hygienischer Mafsnahmen wie Kanalisation und Wasserversorgung und ähnliches in den gröfseren Orten zum Abschlufs gekommen sind und sich in ihren Wirkungen übersehen lassen, im Vordergrunde des öffentlichen Interesses und unter dem Zeichen der Wohnungsreform.

Lange genug freilich hat man damit gezögert, obwohl die Verschiebung der Bevölkerung nach den Städten eine solche Regelung der Wohnungsverhältnisse, oder richtiger gesagt, des Wohnungsbaues immer unabweislicher machte.

Über die Verschiedenheiten der praktischen Wohnungsverhältnisse und des Städtebaues, über die Ursachen der Preislage der Wohnungen in den Grofsstädten, Mittel und Ziele der Bodenreform und ähnliche wichtige Dinge liegen heute auf Grund eines grofsen Materials viel genauere Angaben vor als früher.

Es berühren sich auf diesem Gebiete die Arbeiten des Statistikers, wie die Forschungen und Erwägungen des Nationalökonomen und Hygienikers.



Digitized by Google

Mit diesem wachsenden Interesse an den Wohnungsfragen hat weder das experimentelle Interesse an der Wohnungshygiene von Seiten der Fachmänner, noch eine Vertiefung in die hygienischen Grundlagen der Wohnungshygiene seitens anderer Begutachter gleichen Schritt gehalten.

Die hygienische Seite der Frage wird oft nur nebensächlich behandelt. Man ergeht sich in den Begründungen, soweit hygienische Fragen im engeren Sinne gestreift werden, in mehr oder minder lückenhaften Zusammenstellungen und Wiederholungen jahrzehntealter Behauptungen. Es macht sich immer mehr in diesen, wie in manchen anderen Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege ein unberechtigter Empirismus geltend und ein gewisser Mangel an fachmännischem Urteil und Kritik, der zu einer Verflachung der leitenden Stellung des Hygienikers führen mufs und in der Bedürfnislosigkeit wissenschaftlicher Argumente sich von einem Laienurteil wenig unterscheidet.

Speziell ist es z. B. die Frage des kleinsten zulässigen Wohnraumes, welche bei diesen Reformen einen wesentlichen Angelpunkt bildet, für deren Regelung aber irgendeine wissenschaftliche Grundlage nirgendwo gegeben wird. Der Mindestluftraum von 10 cbm kehrt in Dutzenden von Vorschlägen und Verordnungen wieder, ohne dafs man erfährt, aus welchen Gründen diese Zahl auftaucht. Man hat nur den Eindruck, als habe die »runde Zahl« immer wieder den Hauptanteil in diesen und ähnlichen Vorschlägen gehabt.

Wenn wir die experimentellen Arbeiten der letzten Jahre betrachten, so hätten sich gerade für das Gebiet der Wohnungshygiene wesentliche neuere Gesichtspunkte wohl ableiten lassen. So ist eine wichtige Frage in neuerer Zeit einer eingehenden Behandlung unterzogen worden, die natürliche Ventilation kleiner städtischer Wohnungen. Nach den älteren Untersuchungen der 60er und 70er Jahre hatte man die Selbstlüftung unserer Wohnräume ziemlich hoch eingeschätzt, und diese Werte sind ohne weitere Rektifizierung in der Literatur weitergeführt worden. Es hat sich aber gerade durch die Untersuchung der Wohnungen der minderbemittelten Klassen gezeigt, dafs man

Digitized by Google

die Vorstellungen von der Leistung der natürlichen Ventilation, selbst unter den günstigen Verhältnissen winterlicher Temperaturgegensätze zwischen Stuben- und Aufsenluft, erheblich reduzieren mufs. Also gerade für die Wohnräume, für welche dereinst ein Wohnungsgesetz zu sorgen hat, ergab sich nur ein Drittel der Selbstlüftungskraft, welche man bislang vorausgesetzt hatte.[1]) Auch die gesundheitlichen Wirkungen der Wohnungsluft liegen heute klarer zu Tage.

Wir haben aber weiter kennen gelernt, dafs die Luft geschlossener Räume, soweit sie durch den Aufenthalt von Menschen und durch den Brand von Beleuchtungsmaterial verunreinigt wird, selbst bei Verunreinigungsgraden der Luft, die wir nach unseren heutigen Kriterien noch nicht als aufsergewöhnliche bezeichnen, merkbare Veränderungen der Respirationsverhältnisse hervorruft, die als Abweichung vom Normalen anzusehen sind[2]) und eben das Organ unseres Körpers treffen — die Lunge —, das an und für sich beim Stubenaufenthalt die nötige Pflege entbehrt, und dessen Entwicklung im Zusammenhang mit der dürftigen Muskulatur und dem geringen Blutreichtum schlecht genährter Personen gerade einer besonderen Förderung bedürfte.[3])

Fragen der Lüftung lassen sich nur behandeln, wenn man die physiologischen Wirkungen der hier einschlägigen Faktoren kennt und berücksichtigt. Gute und schlechte Luft in geschlossenen Räumen ist kein leerer Wahn; nur mufs man sich ebenso wie in vielen ähnlichen Fragen daran gewöhnen, nicht in plumper Weise diesem und jenem Moment die alleinige Schädlichkeit zuzuschreiben, sondern Schritt für Schritt die biologischen Rückwirkungen zu verfolgen, die uns über den Weg physiologischer Abweichungen auf pathologisches Gebiet und zu dem Verständnis gesundheitsschädlicher Wirkungen führen werden.

Wir können auch hinsichtlich des Beleuchtungsmaterials nicht mehr die ältere Anschauung für begründet erachten, dafs

---

1) Wolpert, Archiv f. Hygiene, XXXVI, S. 220.

2) Wolpert, Archiv f. Hygiene, Bd. XLVII.

3) Rubner, Bericht über den Kongrefs zur Bekämpfung der Tuberkulose, 1899, S. 308 ff.



Digitized by Google

man die durch Brennen von Leuchtstoffen hervorgerufene Veränderung der Luft in geschlossenen Räumen bei Betrachtung des Güteverhältnisses der Wohnungsluft aufser Betracht zu halten habe.[1])

Die Betrachtungen über die Notwendigkeit und den Grad der Lüftung müssen sich auf die biologischen Wirkungen, auf die Atmung und was damit zusammenhängt, stützen; denn die Veratmung und Verschlechterung der Luft hängt immer wieder mit diesen Vorgängen zusammen, wie wechselvoll sich auch im Laufe der Entwicklung dieser Fragen die Anschauungen gestaltet haben.

Wir sind bei diesen Untersuchungen auch mit einer Schwierigkeit in der Beurteilung der Güte der Luft, was bisher nicht genügend betont worden sein mag, bekannt geworden, nämlich mit der Tatsache, dafs die Betrachtung der Atmung und respiratorischen Ausscheidung, wie der Kohlensäure, die Luftbeschaffenheit in schlechtventilierten Wohnräumen günstiger erscheinen läfst als sie durch die Herabdrückung der Kohlensäureausatmung der Wirkung nach ist.

Statt der vergeblich gesuchten schädlichen Stoffe der verbrauchten Luft haben wir, indem wir uns die physiologischen Wirkungen dieser Luft vor Augen führten, fafsbare Ergebnisse gewonnen.

Weitere Untersuchungen des Berliner Instituts werden uns auch den Weg weisen mit gröfserer Sicherheit als bisher, kleinste Luftverunreinigungen und nur um solche, der gewöhnlichen Methodik völlig entzogene Gröfsen handelt es sich, festzustellen.

Die Bedürfnisse an die Lufterneuerung können jetzt viel genauer dargelegt werden, seitdem man einerseits die respiratorischen Ausscheidungen der Arbeiter der Hausindustrie[2]) und der Menschen überhaupt in Abhängigkeit von der Gröfse und dem Körpergewicht näher kennt.[3])

---

1) Wolffhügel, Archiv f. Hygiene, Bd. XVIII.
2) Wolpert, Archiv f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 68.
3) Rubner, Über die Ernährung im Knabenalter. Berlin, 1902.

Digitized by Google

Für diese würden sich schon mit Rücksicht auf die Veratmung der Luft jetzt genauere Angaben machen lassen wie früher, und viel zutreffender, wenn man jeweils die Art der Menschen, ihre durchschnittliche Gröſse usw. für die Berechnung mit heranziehen wollte.

Auf Grund dieser Erhebungen kann man sich in der Tat in Sachen der Wohnungslüftung bessere und genauere Vorstellungen machen sowohl nach der Richtung der Leistungen der natürlichen Ventilation hin, als auch hinsichtlich der gesundheitlichen Ausnutzung des Lüftens im allgemeinen, namentlich insoweit gasförmige Produkte mit in Betracht kommen.

Wir wollen auf eine solche rechnerische Behandlung der Lüftungsfrage nicht eingehen, wie man dies in früherer Zeit vielfach getan hat. Wenn man etwas für die Praxis Taugliches finden will, muſs man nicht Teilstücke eines Lebensvorganges, also die Erscheinungen, die sich beim Aufenthalt des Menschen in geschlossenen Räumen zeigen, herausgreifen und zur Grundlage eines Systems der Lüftung machen, wie dies mit der Luftverschlechterung nach Maſsgabe der ausgeatmeten Kohlensäure oft und auch manchmal mit gutem Erfolg geschehen ist, sondern man hat, ehe man zu Schlüssen gelangt, ein solches Problem möglichst umfangreich zu behandeln.

Die Lüftungsfragen wurden bisher als solche angesehen, welche sich mit der Beseitigung der gasförmigen Verunreinigung der Menschen zu beschäftigen haben; über ihre Leistung in dieser Hinsicht haben wir durch Untersuchungen, welche mit der anthrakometrischen Methode ausgeführt worden sind, in vielen Fällen eine praktische Unterlage gefunden.

Man hat angenommen, daſs mit der Beseitigung der gasförmigen Verunreinigungen eines Zimmers, die sich wie Kohlensäure verhalten sollen, unser Wissen über diese Seite der Lüftung erschöpft sei.

Es ist aber nicht im entferntesten die Ventilationsfrage damit erschöpft. Es ist weder bewiesen noch auch anzunehmen, daſs das ganze Gemisch einer veratmeten oder mit Verbrennungsluft gemischten Luft sich genau so verhalte wie die Kohlensäure,

Digitized by Google

welche dem gleichen Raum zugeführt wird. Daraus folgt, dafs der Frage der Ventilation eine Reihe neuer Seiten sich abgewinnen lassen. Die wichtigste ist praktisch zunächst die Beseitigung des Wasserdampfes aus bewohnten Räumen, die bisher von den Erscheinungen der üblichen Raumventilation nicht getrennt, ja als Gegenstand einer besonderen Lüftungsweise nicht erkannt wurde.

Dies lag begründet in der geringen Kenntnis, die man im allgemeinen von den Gesetzen der Wasserdampfabgabe hatte. Es bleibt aber auffallend, dafs man, obschon wir seit Jahren genaue Kenntnisse von diesen Dingen besitzen, dieselben in keiner Weise für die Fragen der Ventilation verwertet hat.

In den Arbeiten des Berliner hygienischen Instituts sind bisher die Ausscheidungsgröfsen des Wasserdampfes beim Menschen und bei Tieren einer eingehenden experimentellen Untersuchung unterzogen worden, die Beziehungen zwischen Atmosphäre und zwischen Wasserdampfausscheidung eingehend berücksichtigt und die verschlungenen Pfade regulatorischer Rückwirkungen geklärt worden.

Wir wissen, wie mannigfach die Störungen sind, welche der Wasserdampfreichtum einer Luft bei niedriger wie hoher Temperatur hervorzurufen vermag, mit den unangenehmen Empfindungen sind objektive Störungen und der Mangel an Leistungsfähigkeit verbunden. Wir kennen die übermäfsige Inanspruchnahme des Hautorgans für die Durchblutung und Entwärmung von feuchter Luft.[1])

Es fehlt uns aber ganz und gar an einer genauen oder auch nur orientierenden Kenntnis über die Ausscheidungsweise des Wasserdampfes, der sich in der Wohnungsluft ansammelt, aus diesen bewohnten Räumen. Nur ein oberflächlicher Beobachter kann voraussetzen, dafs wir über diesen Umstand genau und vollkommen unterrichtet sind. Die Gesetze, nach denen der Wasserdampf die geschlossenen Räume verläfst, decken sich ganz

1) Rubner, vgl. Kapitel Ernährung in Leydens Handbuch der Ernährungstherapie und das Handbuch der Hygiene.

Digitized by Google

und gar nicht mit dem Austauschverhältnis, in welchem Stubenluft und Freiluft zu stehen pflegen.

Der Wasserdampfreichtum aber stellt ein ungemein wechselndes Moment der Stubenluft dar. Es ist in der Tat interessant, mittels des registrierenden Hygrometers das wechselnde Bild der Luftfeuchtigkeit zu fassen, zu sehen, wie oft der Wasserdampf an den störenden Empfindungen beim Aufenthalt in geschlossenen Räumen beteiligt ist, wie er in den Wohnräumen schwankt, in den Schlafräumen die dumpfige, unangenehme Luft auch dort erzeugt, wo ein reichlicher Luftraum zur Verfügung steht, und wie durch den Betrieb eines Hausgewerbes und in der Küche der schwankende Feuchtigkeitsgrad zur Last und Bürde werden kann.

An sehr vielen Störungen ist die Feuchtigkeit mitbeteiligt, nur pflegt man von diesen Dingen nicht viel zu wissen, weil die Wenigsten die Empfindungen genau analysieren, und weil heutzutage in weiten Kreisen Kenntnisse über die Rolle der Luftfeuchtigkeit ganz fehlen und selbst die Instrumente zur Feuchtigkeitsmessung der Luft nur ganz beschränkt Verwendung finden.

Je tiefer man hinabsteigt auf der Stufenleiter der Wohlhabenheit, desto mehr drängt sich die feuchte dunstige Luft in den Vordergrund und leitet allmählich über in den Zustand der »feuchten Wohnung« mit ihren verschiedenen Schattenseiten und ungesunden Wirkungen. Die Feuchtigkeit ist eine typische Begleitung der Wohnungsmifsstände und der Wohnungsüberfüllung.

Bei der Bedeutung, welche diese Fragen gerade im Zeitalter der Wohnungsreform haben, wird ihre eingehende Behandlung verständlich sein.

Hat man doch in der Ventilationsfrage und ihrer Betrachtung seit Jahrzehnten auf dem halben Wege Halt gemacht. Es mag daran erinnert sein, wie man sich früher für befugt hielt, einzig und allein auf Grund der Kohlensäureausatmung und der Grenzwerte über den Kohlensäuregehalt der Luft das Ventilationsquantum zu berechnen, und wie man dann schematisch hieraus

Digitized by Google

den Luftkubus unter Annahme einer stündlich dreimaligen Lufterneuerung ableitete.

Man hatte aber nie geprüft, wie sich tatsächlich die natürliche Ventilation erhalte, ob sie wirklich unter den üblichen Bedingungen diese Lüftung garantiere. Man hat auch Halt gemacht vor einer Prüfung, ob denn diese »Lüftung« zur Eliminierung des Wasserdampfes genüge, man hat kaum berücksichtigt, wie die Beleuchtung neue Bedürfnisse an die Lüftung stellt und wie die Wärme, Feuchtigkeit und Ansammlung von Gasen aus dem Lebensprozefs und aus anderen Quellen eine Rückwirkung äufsern.

Die Behörden scheinen inzwischen jedes zielbewufste Vorgehen in Sachen der Lufterneuerung ganz aufgegeben zu haben, wir werden uns aber dieses Thema einer eingehenden späteren Betrachtung vorbehalten müssen.

Ein neuer Schritt zur Beurteilung der rationellen Lüftung mögen die folgenden Untersuchungen sein, denen weitere, nach anderen Richtungen abschliefsende bald folgen werden.

## Experimentelles.

Die Wasserdampfausscheidung der Menschen, unter verschiedenen Umständen lebend, ist uns durch die umfangreichen Untersuchungen des Berliner hygienischen Instituts näher bekannt.

Somit liefse sich, wie man meinen könnte, eine für die Wohnungshygiene wichtige Frage rein rechnerisch behandeln, nämlich die Frage, inwieweit bei Veränderung des Luftkubus oder des Ventilationsquantums Störungen durch die Ansammlung von Feuchtigkeit gegeben sein können.

Nach den allgemein vertretenen Anschauungen würde man keine erheblichen Einwände gegen ein solches Verfahren geltend machen, und doch ist es sicher ein unrichtiges Vorgehen.

Wir müssen bei der Feuchtigkeit in hohem Mafse damit rechnen, dafs ihre Zunahme in der Luft die weitere Ausscheidung von Wasserdampf hindert, — also eine Überfeuchtung anscheinend erschwert. — Aber freilich sind damit gewisse unangenehme Wirkungen auf Empfindung und Arbeitskraft nicht aufgehoben.

Digitized by Google

Welchem Gleichgewichtszustande sich die Luftfeuchtigkeit anpafst, wenn ein Mensch die Quelle der Luftbefeuchtung ist, mufs also besonders erst erwiesen werden.

Im praktischen Leben übt aber zweifellos die Art des Wohnraumes noch einen Einflufs aus. Der Wasserdampf verschwindet nicht nach den Gesetzen der üblichen Selbstlüftung der Räume aus den Stuben, sondern in anderer Weise, — wenigstens darf man a priori vermuten, dafs die Beziehungen des Wasserdampfes zu den hygroskopischen Substanzen nicht ohne Bedeutung sein kann. Schon der Umstand, ob die Wände mit Kalk geweifst, tapeziert, mit Leimanstrich versehen sind, kommt vielleicht in Betracht.

Da die Beurteilung der Frage der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen, besonders was die engbemessenen Wohn- und Schlafstätten der Armen, auch was Schulen usw. betrifft, von grofser wohnungshygienischer Wichtigkeit ist, hielten wir unmittelbare Versuche nach dieser Richtung um so mehr für geboten, als auf diesem Gebiet recht unzutreffende Anschauungen bestehen.

Wir untersuchten den Anstieg der Luftfeuchtigkeit erstens in einem kleinen, luftdicht geschlossenen Raum von $7\frac{1}{2}$ cbm, in welchem sich ein Mann aufhielt, sowohl ohne weiteres als auch für den Fall, dafs gleichzeitig eine Petroleumlampe brannte; zweitens, ceteris paribus, bei 10 cbm Luftkubus.

### I. Raum von $7\frac{1}{2}$ cbm.

Wie die Verhältnisse in kleinen, für den Menschen ungenügenden Räumen sich gestalten können, läfst sich sehr klar aus den folgenden, im Jahre 1898 ausgeführten Versuchen ersehen. Dabei hielt sich ein Mann in dem aus Blech gefertigten, nicht ventilierten Kasten des Pettenkoferschen Respirationsapparats auf. Die Hygrometerangaben sind die Mittel aus den Anzeigen zweier Koppescher Haarhygrometer, welche, obwohl möglichst gut justiert und regeneriert, bei mittlerer Luftfeuchtigkeit gleichwohl bis um etwa 8% differierten.

Ein Raum von $7\frac{1}{2}$ cbm pro Person ist durchaus nicht übermäfsig klein, wenn man die so häufig erhobene Forderung eines

Digitized by Google

Mindestluftraums von 10 cbm betrachtet, ja es entspricht sogar sehr genau den mittleren Verhältnissen, wie sie sich ergeben müssen, wenn man den Luftkubus ohne Mitrechnung der Kinder gewissen Lebensalters normieren will.

**Versuch 1** (einstündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 20,5 | 47 |
| 10 | 20,7 | 49 |
| 20 | 20,8 | 51 |
| 30 | 20,8 | 53 |
| 40 | 21,0 | 54 |
| 50 | 20,5 | 59 |
| 60 | 20,5 | 60 |

Hieraus läfst sich eine Wasserdampfproduktion von 17,2 g stündlich ableiten.

Im Verlauf des Versuchs trat keine Kondensation auf.

**Versuch 2** (dreistündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer | Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % | Minuten | ° Celt. | % |
| 0 | 22,0 | 48 | 100 | 24,0 | 72 |
| 10 | 22,4 | 54 | 110 | 23,5 | 73 |
| 20 | 22,5 | 60 | 120 | 23,5 | 74 |
| 30 | 23,0 | 61 | 130 | 23,5 | 75 |
| 40 | 23,2 | 63 | 140 | 23,2 | 76 |
| 50 | 23,5 | 64 | 150 | 23,0 | 77 |
| 60 | 23,5 | 66 | 160 | 23,0 | 79 |
| 70 | 24,0 | 67 | 170 | 23,0 | 80 |
| 80 | 24,0 | 68 | 180 | 22,7 | 81 |
| 90 | 24,0 | 71 | | | |

Hieraus läfst sich als Wasserdampfproduktion ableiten:

40,1 g in der ersten Stunde,
12,9 » » » zweiten »
12,1 » » » dritten »

Im Verlauf des Versuchs stellte sich keine Kondensation ein.

Da der Raum von 7½ cbm nicht ventiliert wurde, so wurden von Stunde zu Stunde die Verhältnisse der Lufterneuerung ungünstiger. Die zwei Stunden würden einer ½maligen, die drei

einer $^1/_3$ maligen Lufterneuerung entsprechen, Verhältnisse, wie sie bei so klein gewähltem Luftkubus in praxi häufig genug vorkommen können. Wir haben eingangs erwähnt, daſs eine einmalige Lufterneuerung für die Wohnräume der Minderbemittelten sogar schon eine gute Ventilation bei unserer groſsstädtischen, geschlossenen Bauweise ist.

Die Menge des in der Luft sich ansammelnden Wasserdampfs nimmt demnach schon nach der ersten Stunde ganz erheblich ab, weil die relative Feuchtigkeit stark gestiegen ist, und hält sich dann allmählich auf annähernd gleicher Höhe. Möglicherweise tragen auch andere Nebenumstände, wie das Sinken der Kohlensäureausscheidung[1]), zum Sinken der Wasserdampfausscheidung bei.

Bleibt die Lufttemperatur niedrig, so kann es in den späteren Stunden, wenn die Feuchtigkeit mehr als etwa 85% erreicht, zu Kondensation in den tiefer liegenden Teilen des Versuchsraums kommen, wie nachstehender dritter Versuch beweist.

**Versuch 3** ($3\,^1/_2$ stündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 15,0 | 64 |
| 10 | 15,8 | 67 |
| 20 | 16,2 | 70 |
| 30 | 17,0 | 73 |
| 40 | 17,0 | 76 |
| 50 | 17,4 | 77 |
| 60 | 17,5 | 77 |
| 70 | 17,5 | 81 |
| 80 | 17,5 | 82 |
| 90 | 17,5 | 81 |
| 100 | 17,7 | 81 |
| 110 | 17,7 | 84 |
| 120 | 18,0 | 84 |
| 130 | 18,0 | 85 |
| 140 | 18,0 | 85 |
| 150 | 18,0 | 85 |
| 160 | 18,0 | 86 |
| 170 | 18,0 | 86 |
| 180 | 18,0 | 86 |
| 190 | 18,0 | 86 |
| 200 | 18,2 | 86 |
| 210 | 18,2 | 86 |

Hieraus läſst sich als Wasserdampfproduktion ableiten:

25,1 g in der ersten Stunde,
11,0 » » » zweiten »

Am Schluſs des Versuchs wurde in einer Kastenecke Kondenswasser festgestellt.

1) Dieses Archiv, Bd. 47, S. 26.

Digitized by Google

In demselben Mafse wie ein Mehr von Wasserdampf entsteht, wird es an günstigen Stellen des Raumes abgeschieden. Die Luft braucht dazu nie in toto mit Wasserdampf gesättigt zu sein, unter den für eine Kondensation durchaus nicht sehr günstigen Versuchsverhältnissen war offenbar bei 84% Feuchtigkeit diese Grenze erreicht.

In anderen Fällen wird es sogar schon früher zur Kondensation kommen können; es gibt ja viele, besonders fufskalte Wohnungen, in denen solch günstige Bedingungen zur Feuchtigkeitsablagerung gegeben sind.

Steigt die Lufttemperatur und hält sich die Feuchtigkeit auf nicht allzuhohen Werten, so wird bei einem Minimum der Wasserdampfausscheidung die Kondensation vermieden. Immerhin aber zeigt Versuch 4, wie nahe die Feuchtigkeit an jenem praktisch bedeutungsvollen Sättigungsgrad angelangt ist, der zur Ablagerung tropfbar flüssigen Wassers Veranlassung geben mufs.

**Versuch 4** ($3\frac{1}{2}$ stündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer | Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % | Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 18,0 | 52 | 110 | 20,6 | 71 |
| 10 | 18,8 | 57 | 120 | 20,6 | 72 |
| 20 | 19,0 | 57 | 130 | 20,5 | 73 |
| 30 | 19,5 | 62 | 140 | 20,5 | 73 |
| 40 | 19,8 | 63 | 150 | 20,5 | 74 |
| 50 | 20,0 | 64 | 160 | 20,8 | 74 |
| 60 | 20,0 | 66 | 170 | 21,0 | 76 |
| 70 | 20,4 | 68 | 180 | 21,6 | 76 |
| 80 | 20,5 | 68 | 190 | 22,0 | 77 |
| 90 | 20,5 | 69 | 200 | 22,2 | 78 |
| 100 | 20,5 | 71 | 210 | 22,5 | 78 |

Hieraus läfst sich als Wasserdampfproduktion ableiten:
25,8 g in der ersten Stunde,
11,2 » » » zweiten »
11,8 » » » dritten »
Im Verlauf des Versuchs trat keine Kondensation auf.

Ein Versuchsraum von $7\frac{1}{2}$ cbm bietet also für eine ruhende Person (50 Kilo Gewicht), was die Feuchtigkeit anlangt, bereits

Digitized by Google

ungünstige Verhältnisse. Wenn auch tatsächlich durch die Unterdrückung der Wasserdampfausscheidung des Menschen die Wasserdampfmenge in der Luft nicht so steigt, wie man aus den Ergebnissen der ersten Stunde ableiten würde, so entspricht eben dem Nicht-Steigen der adäquate Körperzustand — Gefühl der Schwüle — Hauthyperämie und Müdigkeit.

Im Raume häuft sich aber das Wasser auch bis zu dem Grade, dafs selbst bei der gleichmäfsigen Temperatur eines ungeheizten Zimmers zeitweise Kondensation eintritt.

Die Kondensation von Wasserdampf ist in mehrfacher Hinsicht eine üble Beigabe der Wohnung; Kondensation bedeutet neben der Schimmelbildung und ihren Folgen in ökonomischer Hinsicht auch die Rückwirkung auf die Wärmeverhältnisse der Stube. Die nasse Stelle hat immer mehr die Fähigkeit sich nafs zu erhalten, weil sie viel kälter ist als die sie umgebenden trockenen Schichten.

Die Kondensation der Feuchtigkeit trägt in hohem Mafse dazu bei, die muffige, unangenehme Luft zu steigern. Denn der sich kondensierende Wasserdampf reifst die riechenden Stoffe zum grofsen Teil mit nieder; sie haften dann lange in dem Zimmer. Die hygroskopische Wasserbindung hat eine ganz andere Bedeutung. Denn diese von den Gegenständen fest gebundene Feuchtigkeit ist die Folge einer fast spezifischen Anziehung, das Wasser fest gebunden und biologisch nicht zu verwerten. Die hygroskopische Wasserbindung bedeutet noch nicht die Fixierung riechender Substanzen, wie diese mit der Kondensation Hand in Hand geht. Von diesen Wirkungen der Feuchtigkeit sind die spezifischen Anziehungen für Riechstoffe, wie sie bei Kleidungsstoffen beobachtet sind, wohl zu unterscheiden.[1])

Obige Versuchszahlen gelten für den ruhenden Mann und für günstige Temperaturverhältnisse.

Würde die relative Feuchtigkeit der Luft von Anfang an noch gröfser gewesen sein, wie in kalten Räumen, so wäre die »Kondensation« noch umfangreicher geworden.

1) Rubner, Lehrbuch der Hygiene. Artikel Kleidung.

Digitized by Google

Ein Luftkubus von $7\frac{1}{2}$ cbm für einen Erwachsenen von 50 kg bringt also über gewisse unhygienische Verhältnisse der Armenwohnungen offenbar nicht hinweg.

Die obigen Zahlen, wie sie für den ruhenden Menschen gewonnen sind, werden nur unwesentlich sich modifizieren bei schlafenden Personen.

In einer späteren Versuchsreihe haben wir eine mäfsige Arbeitsleistung des Mannes sowie das Brennen einer Petroleumlampe in das Versuchsprogramm einbezogen und gleichzeitig den Anstieg der Kohlensäure gemessen. Der Kasten war wiederum luftdicht geschlossen. Die Versuchsperson arbeitete durchweg 4000 mkg stündlich am Ergostat. Die Versuche währten je zwei Stunden. Je ein solcher Versuch ohne und mit Lampe, durch eine halbstündige Pause, welche dem Lüften diente, voneinander getrennt, fanden am 11. und 13. Februar 1899 statt; an ersterem Tage war das Zimmer geheizt, am zweiten Versuchstage nicht.

**a) Versuch 5 und 6, am 11. Februar 1899. (Zimmer geheizt.)**

**Versuch 5,** ohne Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,8 auf 7,2, das ist um 5,4 ‰, entsprechend einer Produktion von

$$\frac{7,2 - 1,8}{2} \times 7,5 = 20,2 \text{ l } CO_2 \text{ stündlich.}$$

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 35 auf 67 % und die Lufttemperatur von 23,0 auf 28,0°[1]).

**Versuch 6.** mit Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.
Petroleumverbrauch 42 g.

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,8 auf 16,0, das ist um 14,8 ‰, oder um 9,4 ‰ höher als ohne Lampe. Die Produktion belief sich auf $\frac{16,6 - 1,8}{2} \times 7,5 = 55,5$ l $CO_2$ stündlich, für Person und Lampe.

---

1) Sofort nach Versuch 5 sank die Feuchtigkeit von 67 auf 23, die Temperatur blieb gleich; nach Versuch sank die Feuchtigkeit von 92 auf 23, die Temperatur von 24,0 auf 21,0.

Digitized by Google

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 23 auf 92 %; die Lufttemperatur aber sank, da der Ofen versagte, von 28,5 auf 24,0°.

3/4 Stunden nach Versuchsbeginn beschlugen sich die Kastenfenster; in der 2. Stunde klagte die Versuchsperson über Kopfschmerz und sehr starkes Schwitzen.

Ein mäfsig arbeitender Mann von geringem Körpergewicht verursachte also in einem 7½ cbm umfassenden Zimmer erhebliche Veränderungen der Stubenluft während eines zweistündigen Aufenthalts (½malige Lufterneuerung). Die Luft hatte einen reichen Zuwachs an Feuchtigkeit erlangt, rechnet man auf die Temperatur von 23°, so hatte sie über 88 % Feuchtigkeit angenommen (+ 53 %). Die Veratmung der Luft läfst sich berechnen. Wenn wir annehmen, dafs die Ausatemluft nur 4,5 % Kohlensäure enthalten habe, so repräsentieren 40,4 l $CO_2$ 40,4 × 22 = 889 l Atmungsluft, sonach bestand sie zu Ende der zweiten Stunde zu 12,6 % aus Luft, die bereits einmal schon zur Atmung gedient hatte.

Die zur Arbeit notwendige Petroleumlampe hätte übrigens auch noch von zwei Personen für manche Arbeit mitbenutzt werden können.

Die Feuchtigkeit stieg auf 92 % bei 24° bzw. auf 73 %, für die Anfangstemperatur gerechnet = + 50 %. Die Lampe hatte also nicht viel mehr Zuwachs geliefert aus dem einfachen Grunde, weil die Unterdrückung der Wasserdampfausscheidung und die umfangreiche Kondensation bei sinkender Temperatur ein Anwachsen der Feuchtigkeit zur Unmöglichkeit machte.

Das Beispiel zeigt uns, welch unsanitäre Zustände sich entwickeln. Dabei füllt sich die Luft mit dem Dunst der brennenden Lampe und den sonstigen unvermeidlichen Riechstoffen zu enger Wohnräume.

### b) Versuch 7 und 8, am 13. Februar 1899. (Zimmer ungeheizt.)

**Versuch 7, ohne Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.**

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,3 auf 6,9, das ist um 5,6 ‰, entsprechend einer Produktion von $\frac{6,9 - 1,3}{2} \times 7,5 = 21,0$ l $CO_2$ stündlich.

Digitized by Google

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 34 auf 87 %, und die Lufttemperatur von 11,0 auf 12,8°[1]).

Die Versuchsperson klagte zuweilen über Frösteln. Gegen Schlufs des Versuchs beschlugen sich die Kastenfenster. (Kondensation.)

**Versuch 8,** mit Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.
Petroleumverbrauch 42 g.

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,3 auf 16,5, das ist um 15,2 ‰, oder um 9,6 ‰ höher als vorher ohne Lampe. Die Produktion belief sich auf $\frac{16,5 - 1,3}{2} \times 7,5 = 57,0$ l $CO_2$ stündlich für Person und Lampe.

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 36 auf 97 %, und die Lufttemperatur von 11,7 auf 14,9°.

Nach $^1/_2$ Stunde beschlugen sich die Kastenfenster, in der 2. Stunde klagte die Versuchsperson über Kopfschmerz.

Die beiden vorstehenden Versuche geben ein Beispiel für die Frühjahrs- und Herbsttage, vielleicht auch für Wintertage bei beschränkter Heizung. Auch ohne Beleuchtung trat dabei Kondensation ein, und wenn nicht die Temperatur auf 12,8° gestiegen wäre, wäre eine vollkommene Sättigung der Luft eingetreten.

Noch unangenehmer waren die Verhältnisse als bei Licht gearbeitet wurde, auch hier war die Luft so reich an Dampf, dafs an allen Stellen eine Kondensation sich ausbildete. Was sonst über die respiratorische Verschlechterung der Luft zu sagen ist, ist analog dem auf voriger Seite schon Mitgeteilten.

Hierher gehören weiters einige im Jahre 1902 ausgeführte Kastenversuche, die für einen anderen Zweck bereits ausführlich veröffentlicht sind.[2]) Über diese Versuchsreihe sei daher an dieser Stelle nur das Folgende kurz mitgeteilt. Die Versuchspersonen waren andere als in den vorausgehenden Versuchen.

**Versuch 9,** zweistündig, Versuchsperson A.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,0 auf 18,9°, die relative Luftfeuchtigkeit von 46 auf 58 % und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 2,23—3,90—5,28—6,70 ‰.

---

1) Sofort nach Versuch 7 sank die Feuchtigkeit von 87 auf 36, die Temperatur von 12,8 auf 11,8; nach Versuch 8 Feuchtigkeit von 97 auf 35, Temperatur von 14,9 auf 12,9.

2) Wird die Kohlensäureabgabe des Menschen durch Beimengung von Ausatmungsluft zur Einatemluft beeinflufst? Dieses Archiv, Bd. 47, S. 26.

Digitized by Google

**Versuch 10,** anderthalbstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,1 auf 18,7°, die relative Luftfeuchtigkeit von 46 auf 56%, und die Kohlensäure viertelstündlich von 0,30 auf 1,38—2,39—3,34—4,22—5,08—5,88‰.

**Versuch 11,** dreistündig, Versuchsperson B.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 17,3 auf 19,4°, die relative Luftfeuchtigkeit von 50 auf 80% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,53—2,36—3,37—4,23—5,16—6,19‰.

**Versuch 12,** anderthalbstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,8 auf 19,6°, die relative Luftfeuchtigkeit von 71 auf 84% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,38—2,36—3,26‰.

**Versuch 13,** einstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 19,0 auf 20,1°, die relative Luftfeuchtigkeit von 57 auf 74% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,43 und 2,29‰.

**Versuch 14,** anderthalbstündig, Versuchsperson C.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,5 auf 19,9°, die relative Luftfeuchtigkeit von 64 auf 84% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,65—2,78—3,53‰.

**Versuch 15,** anderthalbstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 19,0 auf 20,2°, die relative Luftfeuchtigkeit von 66 auf 84% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,58—2,71—3,82‰.

**Versuch 16,** dreistündig, Personen B und C zusammen (2 Personen).

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 20,0 auf 22,5°, die relative Luftfeuchtigkeit von 56 auf 90% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 2,54—4,48—6,35—7,69—10,16—11,84‰.

**Versuch 17,** dreistündig, dieselben Personen. (2 Personen.)

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 19,8 auf 22,8°, die relative Luftfeuchtigkeit von 64 auf 80% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 3,15—4,96—7,21—8,90—10,75—12,79‰.

**Versuch 18,** dreistündig, dieselben Personen. (2 Personen.)

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 17,6 auf 21,7°, die relative Luftfeuchtigkeit von 48 auf 78% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 2,61—4,68—6,88—8,62—10,78—13,06‰.

Aus diesem Material läfst sich folgende Zusammenstellung machen, welche die zu verschiedenen Zeiten gefundenen Luftveränderungen deutlich genug zum Ausdruck bringt.



Digitized by Google

Es handelt sich um ruhende Personen.

| Dauer in Stunden | Anfangs-temperatur | End-temperatur | Zuwachs an Feuchtigkeit in % | End-kohlensäure-gehalt in ‰ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 19 | 20,1 | 17 | 2,3 |
| $1\frac{1}{2}$ | 18,3 | 19,6 | 15 | 4,1 |
| 2 | 18,0 | 18,9 | 14 | 6,7 |
| 3 | 17,7 | 19,4 | 30 | 6,2 |
| 3 [1]) | 19,1 | 22,2 | 26 | 12,6 |

Die Luft gelangt auch hier mehr oder minder der Sättigung mit Feuchtigkeit nahe.

Besonders hochgradig ist die Luftverschlechterung bei den beiden Personen, welche in der letzten Versuchsreihe 3 Stunden im Raum verblieben. Hier kann man wieder unter den oben angenommenen Grundlagen berechnen, dafs die Luft zu über 26% aus solcher bestand, die bereits einmal zu Atemzwecken gedient hatte. Hier macht sich die Sauerstoffverminderung wohl auch schon fühlbar, denn wenn 90,2 l Kohlensäure ausgeatmet waren, so entsprechen diese bei dem Respirations-Quotienten 1 = 90 l Sauerstoff und für 7,5 cbm Luft 1,2% Änderung.

Man gerät also unter diesen Verhältnissen bereits zu Luftveränderungen, die auch vom respiratorischen Standpunkt nicht zu verachtende Abweichungen aufweisen können.

### II. Ventilationsquantum von 10 cbm.

In einer anderen Versuchsreihe diente wiederum der Blechkasten von $7\frac{1}{2}$ cbm als Versuchsraum. Diese Versuche währten je 4 Stunden. Der Kasten wurde so ventiliert, dafs auf die Stunde ein Luftvorrat von 10 cbm traf, und hierbei das eine Mal künstlich beleuchtet und das andere Mal nicht. In wieder anderen Versuchen befanden sich eine bis zwei brennende Petroleumlampen allein auf die Dauer von 4 Stunden im Apparat.

1) Zwei Personen.

Digitized by Google

Diese Versuche aus dem Jahre 1902 sind bereits veröffentlicht[1]), weshalb wir uns darauf beschränken, an dieser Stelle nur das zu wiederholen, was hier unmittelbar von Belang ist.

Etwa die nachstehenden Erhöhungen von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit trafen in diesen Versuchen auf Rechnung des Versuchsobjekts:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 1,0° | und | 15% | rel. | Feuchtigkeit | für: | Person allein, |
| 2. | 2,0° | » | 10% | » | » | » | Lampe allein, |
| 3. | 2,5° | » | 20% | » | » | » | Lampe + Person. |

Die Feuchtigkeit schwankte in Reihe 1 zwischen 56 zu Anfang auf 72% zu Ende und bei 3. zwischen 55 und 77%, und wäre, wenn nicht zugleich die Luft wärmer geworden wäre, erheblich näher der Sättigung gekommen. Für 1. kann man — die Endfeuchtigkeit auf gleiche Temperatur, die anfangs herrschte, gebracht — zu 74% annehmen und bei 3. zu über 90%!

Die Versuche bewegen sich also beim ungeheizten Zimmer (13—15°) und für den ruhenden Menschen sehr nahe um den Kondensationspunkt und erreichen ihn sicher, wenn gleichzeitig Beleuchtungsmaterial gebrannt wird. Wir haben besonders damit zu rechnen, dafs während der Nacht — falls in der Stube geschlafen wird — mit dem Absinken der Temperatur naturgemäfs sehr leicht an irgendeiner Stelle des Wohnraums der Taupunkt erreicht wird.

Dies um so sicherer, wenn es sich um die Abkühlung exponierter Wohnräume handelt und um ungenügend durchheizte Mauern u. dgl. Verhältnisse, die sich in den Wohnungen Minderbemittelter nicht gerade selten finden.

Man braucht da gar nicht einmal nur die überfüllten Armenwohnungen zu untersuchen, um zu wissen, wie der Wasserdampf zeitweise in den ungeheizten Schlafstuben und bei hoher Feuchtigkeit der Atmosphäre die Luft der geschlossenen Räume bis zu

1) Über die Beziehungen zwischen menschlicher Atmung und künstlicher Beleuchtung. Dieses Archiv, Bd. 47, S. 1.



Digitized by Google

dem Feuchtigkeitszustand bringt, der das Unbehagliche und Unwohnliche der Räume voll in die Empfindung treten läfst.

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft stieg gleichzeitig:

um 1,39 ‰ für: Person allein,
» 3,68 » » Lampe allein,
» 4,13 » » Lampe + Person.

Die Versuche lassen erkennen, dafs eine Luftmenge von 7,5—10 cbm nicht in allen Fällen hinreicht, um einen solchen Grad von Luftfeuchtigkeit zu gewährleisten, welcher vom sanitären Standpunkt aus befriedigend wäre, ja dafs namentlich bei Arbeit und Beleuchtung mit anormalen Feuchtigkeitszuständen, wie Nässebildung an den Wandungen zeitweise gerechnet werden mufs.

## Einwirkung der hygroskopischen Verhältnisse.

Wir haben mit den vorstehenden Versuchen nur eine Anzahl Beispiele gegeben, welche in scharfen Umrissen erkennen lassen, wie unter ungünstigen Umständen die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft in engen Räumen sich gestalten können. Es wäre verfrüht, wollte man die Verhältnisse, welche wir hier skizziert haben, gleich verallgemeinern und schematisch erweitern. Letztere können gewifs manchmal eine grofse Ähnlichkeit mit den geschilderten Experimenten aufweisen. Aber im praktischen Leben mufs man noch mit anderen, hier nicht berücksichtigten Faktoren rechnen, nämlich mit einer günstigeren Beschaffenheit der Wände und einem mehr oder minder reichlichen Mobiliar. Der Respirationsraum war unmöbliert und seine Wände mit Ölfarbe gestrichen; Kalk- und Leimfarbenanstrich, Tapeten usw. bedingen aber möglicherweise einen sehr grofsen Unterschied. Vielleicht ist dieser Unterschied quantitativ nicht sehr von Belang und kann vernachlässigt werden. Ob nun die eine oder die andere Annahme zutrifft, darüber kann wiederum nur der Versuch Aufschlufs geben.

Einwandfreie Versuche über die Gröfse der Wasserdampf-Absorption in Wohnräumen seitens der hygroskopischen Materialien konnten im Versuchskasten nicht gemacht werden. Hierzu mufsten Wohnräume selber dienen.

Digitized by Google

Für diesen Zweck schien ein etwa 100 cbm grofser Raum des Instituts, der bereits vielfach zu Desinfektionsversuchen, insbesondere mittels Formalins[1]), benutzt worden war und gerade in letzteren Versuchen ein auffallend geringes Ansteigen der Luftfeuchtigkeit ungeachtet einer reichlichen Wasserverdampfung gezeigt hatte[2]), sehr geeignet. Unmittelbar waren jene Versuche für den vorliegenden Zweck eben aus dem Grunde nicht zu verwerten, weil gleichzeitig Formalin verdampft worden war und die Formaldehyddämpfe an dem Zustandekommen des eigentümlichen Resultats beteiligt sein konnten. Es wurden daher neue Versuche mit reiner Wasserverdampfung in dem gleichen Zimmer vorgenommen.

Der leitende Gedanke war: Eine genau mefsbare Menge von Wasserdampf möglichst rasch in das Zimmer zu schaffen und die hierdurch bewirkten Änderungen der Luftfeuchtigkeit zu ermitteln.

Die Entwicklung des Wasserdampfes im Zimmer selber mit Hilfe von Leuchtgas- oder Alkoholfeuer erschien wegen des weniger genau mefsbaren Wasserzuwachses aus dem Brennmaterial sowie wegen der nicht erwünschten stärkeren Lufterwärmung nicht recht tunlich. Es wurde daher zunächst der Versuch gemacht, mit Hilfe eines Autoklaven, der in einem anderen Zimmer angeheizt und dann ins Versuchszimmer gebracht und daselbst geöffnet wurde, der Zimmerluft gröfsere Mengen von Wasserdampf einzuverleiben. Die Wassermengen, welche mit dem uns zur Verfügung stehenden Apparat auf diese Weise dem Zimmer mitgeteilt werden konnten, waren jedoch bei weitem nicht grofs genug. Wir gingen deshalb dazu über, das Wasser vor der Tür

1) Dieses Archiv, Bd. 43, S. 151, 171, 221.

2) Ebenda, S. 188—204, Generaltabelle unter Versuch Nr. 20—74, und Tabelle VII, S. 217, woraus folgendes ersichtlich ist:

1800 g verdampften Wassers, dem Formalin beigemengt war, hatten die absolute Feuchtigkeit von 100 cbm Luft nur um etwa 600 g gesteigert; die relative Luftfeuchtigkeit erhöhte sich bei 21—27° nur etwa von 60 auf 70%. Erst durch Verdampfung von 2500 g Wasser stieg die absolute Feuchtigkeit für 100 cbm um etwa 650 g und die relative bei etwas niedrigerer Temperatur (21,5°) etwa von 70 auf 98% usw.

Digitized by Google

des Versuchszimmers in einem Kessel mittels Spiritusflammen zu verdampfen und den entwickelten Wasserdampf mittels einer in den Kessel mündenden Messingröhre durch das Schlüsselloch nach dem Zimmer zu leiten. Das Verfahren war somit wesentlich das gleiche wie bei einem Teil unserer früheren, oben zitierten Formalin-Versuche.

Das Einleiten von Wasserdampf hatte sowohl ins leere als auch ins möblierte Zimmer zu geschehen und es stand vielleicht zu erwarten, dafs die gleiche Wassermenge im möblierten Zimmer einen erheblich kleineren Hygrometerausschlag geben würde. Das Zimmer hatte eine Fufsbodenfläche von $6{,}90 \times 3{,}32 = 23{,}0$ qm. Bei einer Höhe von 4,75 m betrug die gesamte Oberfläche 143,0 qm. Die Wände des Zimmers waren mit Leimfarbe, die Decke mit Kalkfarbe gestrichen. Das Mobiliar des Zimmers bestand in zwei Betten (Seegrasmatratzen und Keilkissen mit Leinenbezug nebst wollenen Decken, kein Federbett), einem gepolsterten Lehnstuhl, einem Tisch mit Tischdecke, mehreren gewöhnlichen Stühlen, zwei geschlossenen Schränken ohne besonderen Inhalt, einem Waschtisch, zwei Teppichen und verschiedenen Kleinigkeiten wie Zeitungshalter, Wandfächer u. dgl.

Die Ausführung der Versuche gestaltete sich einheitlich wie folgt: Reichlich 2 l Wasser wurden in den Kessel eingefüllt — Kessel samt Inhalt kalt gewogen — Kessel über 80 ccm Spiritus erhitzt — Kessel heifs gewogen, sodann Messingröhre durch Schlüsselloch eingeführt und Kessel über 500 ccm Spiritus weiter erhitzt bis zum Erlöschen der Flamme — Kessel wiederum heifs gewogen mit restlichem Wasserinhalt. Der Unterschied zwischen beiden letzteren Wägungen ergab die Gewichtsmenge des in das Zimmer eingeführten Wasserdampfs.

In allen Versuchen wurde die Zimmerluft während des Einleitens des Wasserdampfs mittels eines elektrischen Ventilators, der von aufsen einschaltbar war, gründlich gemischt. Meistens wurde der Ventilator schon etwa eine Stunde vor Beginn der Wasserverdampfung in Betrieb gesetzt. Abgestellt wurde der Ventilator frühestens eine Viertelstunde nach beendigter Verdampfung (so durchweg von Versuch Nr. 10 ab), und in einer

Digitized by Google

Anzahl von Versuchen (Nr. 1—9) erst 1—2 Stunden nachher. Nach Bedarf wurde das Zimmer vor der Verdampfung eine Weile durch Öffnen von Fenster und Tür gelüftet und der Ventilator hierbei nach dem Fenster zu gerichtet.

Die Abstromröhre war gut in den Kessel eingelötet und auch der Einfüllstutzen vollkommen gedichtet. Die Mengenverhältnisse von Wasser und Spiritus wurden so gewählt, dafs mit Sicherheit noch etwas Wasser im Kessel zurückblieb, nachdem aller Spiritus verbrannt war, und somit der Kessel niemals leer über dem Feuer war, was fast unausbleiblich zu Undichtigkeiten, mindestens beim Einfüllstutzen, geführt hätte. In jenen früheren Formalinversuchen hatte sich dieser Mifsstand des öfteren herausgestellt. Übrigens hatte damals die Art des Versuchs ein Leerdampfen des Kessels verlangt, und die auf unrechtem Wege entwichenen Dampfmengen waren wohl auch relativ geringfügig gewesen.

In einigen Versuchen (Nr. 1—4) wurde auch die Gröfse der natürlichen Lüftung des Zimmers während der Verdampfung festgestellt. Dies geschah, indem wir im Versuchszimmer einige Zeit vor der beginnenden Wasserverdampfung komprimierte Kohlensäure aus einem Stahlzylinder entweichen liefsen, die Luft gut mischten und sodann kurz vor Beginn und nach Schlufs der Wasserverdampfung den Kohlensäuregehalt der Zimmerluft mittels der Pettenkoferschen Flaschenmethode bestimmten, um die Lüftungsgröfse nach der von Seidel angegebenen Formel zu berechnen. Es schien nicht erforderlich, die Lüftungsgröfse in allen Fällen zu bestimmen. Denn einmal wird sie auch im übrigen angenähert die gleiche gewesen sein. Und aufserdem beeinflussen die Schwankungen der Aufsenluft, wie wir gesehen haben, keineswegs in gleichem Mafse den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft.

Die Luft eines Zimmers, dessen Fenster und Türen geschlossen bleiben, nimmt nach Mafsgabe seiner baulichen Beschaffenheit einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt an, den sie zähe festhält. Eintretender Regen, der nicht zu lange anhält, und der regelmäfsige nächtliche Anstieg der relativen Feuchtigkeit

Digitized by Google

der Aufsenluft machen sich im Zimmer meistens, zur Sommerszeit wenigstens, überhaupt nicht bemerkbar. Während die Kurve der relativen Luftfeuchtigkeit im Freien sich von Tag zu Nacht so typisch verändert, dafs ihr Verlauf ohne weiteres Tagzeit und Nachtzeit unterscheiden läfst, ist dies bei der Zimmerkurve bei weitem nicht der Fall.

Im allgemeinen wird die Luft eines unbewohnten Zimmers, im Mittel einer längeren Beobachtungszeit, eher einen niedrigeren denn einen höheren Feuchtigkeitsgehalt aufweisen, als ihn die Aufsenluft im Mittel zeigt. Denn im Zimmer kommen jene Zufälligkeiten, welche den Gang der Luftfeuchtigkeit im Freien vorübergehend des öfteren verändern und zwar fast ausschliefslich erhöhen, kaum zur Geltung.

Dementsprechend wurde die Luftfeuchtigkeit des Versuchszimmers, in versuchsfreier Zeit, etwas niedriger als im Freien gefunden, wie die nachstehenden Beobachtungen zeigen, welche auch erkennen lassen, wie überaus gleichmäfsig das Zimmer, unbeeinflufst durch die Schwankungen der Aufsenluft, seinen Feuchtigkeits- und Temperaturzustand durch Wochen hindurch bewahrte.

Beobachtungen vom 10.—21. Juni 1903 ergaben als Gesamtmittel aus 12 Tagesmitteln:

| | Temperatur | Rel. Feuchtigkeit | Absol. Feuchtigkeit |
|---|---|---|---|
| Aufsenluft . . | 16,8[1]) | 74 %[3]) | 10,5 g/cbm |
| Innenluft . . | 16,8[2]) | 62 %[4]) | 8,8 g/cbm, |

während die absoluten Minima und Maxima der Temperatur und relativen Feuchtigkeit waren:

| | Temp., Min. | Maximum | Rel. Feucht., Min. | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| Aufsenluft . . | 11,1° | 25,0° | 42 % | 98 % |
| Innenluft . . | 16,2° | 17,2° | 59 % | 64 % |

1) Für Aufsenluft ist: 16,8 = (16,2 + 18,8 + 16,1 + 15,1 + 14,9 + 16,6 + 16,8 + 16,4 + 16,6 + 19,2 + 19,8 + 15,6) : 12.

2) Für Innenluft ist: 16,8 = (17,0 + 17,0 + 17,2 + 17,0 + 16,9 + 16,4 + 16,2 + 16,4 + 16,4 + 16,4 + 17,0 + 17,1) : 12.

3) Für Aufsenluft ist: 74 = (91 + 73 + 78 + 68 + 77 + 83 + 75 + 66 + 64 + 63 + 76 + 77) : 12.

4) Für Innenluft ist: 62 = (62 + 63 + 63 + 61 + 62 + 64 + 63 + 62 + 59 + 61 + 64 + 63) : 12.

Digitized by Google

Die natürliche Lüftung des Versuchszimmers braucht daher bei Betrachtung der vorliegenden Frage, wo es sich um den Feuchtigkeitsanstieg infolge Verdampfung innerhalb weniger als einer Stunde und allenfalls noch um den nachherigen Abfall während mehrerer Stunden handelt, überhaupt kaum berücksichtigt zu werden, um so weniger im Hinblick auf den Vergleich zweier Zustände (»Möbliert« und »Unmöbliert«) an der Hand von Mittelzahlen.

In die Tür des Versuchszimmers waren in Kopfhöhe zwei Guckfensterchen (Uhrgläser) eingekittet, durch welche ein Thermometer und Hygrometer beobachtet werden konnten. Aus äufseren Gründen mufste dieses Hygrometer recht klein sein; wir verwendeten daher ein Wurstersches Kleider-Haarhygrometer, welches mit einem gröfseren Koppeschen Haarhygrometer, das im Freien aufgestellt und ebenfalls im Verlauf der Versuche öfter abgelesen wurde, ziemlich gut übereinstimmte. Vor der Ablesung konnte, durch Klopfen von aufsen vor der Tür her, ein Widerstand, der sich etwa der Bewegung des Zeigers am Hygrometer entgegensetzte, überwunden werden, was bei solchen Beobachtungen häufig nicht ganz belanglos ist. Aufserdem waren im Zimmer noch auf einem Schrank ein Registrierthermometer und ein Registrierhygrometer aufgestellt, von deren Anzeigen, wenngleich diese an sich erheblich weniger genau waren, wertvolle Aufschlüsse über die Gröfse der Schwankungen erwartet werden konnten. Das Registrierhygrometer machte durchschnittlich etwa 6—7 % zu hohe Angaben; einen Einflufs auf unsere Berechnung der Gröfse des Zuwachses hatte dieser Umstand nicht. Im übrigen wurden die Instrumente möglichst genau justiert und kontrolliert.

Von vornherein stand fest, dafs zur Vermeidung von Zufälligkeiten eine gröfsere Anzahl von Versuchen angestellt und die Ergebnisse zu Mittelwerten zusammengelegt werden mufsten. Im folgenden sind die Resultate sowohl für das möblierte wie für das leere Zimmer in dieser Weise zusammengefafst.

(Siehe Tabelle I auf S. 26.)

Digitized by Google

### Tabelle I.

**Zimmer möbliert.**

**Anstiege der relativen Luftfeuchtigkeit während der Verdampfung von nahezu 2 l Wasser.**

| Nr. | Datum 1903 | Wasserverdampfung | | Die Hygrometer steigen an:<br>a) Hygrometer in Kopfhöhe<br>b) Registrierhygrometer auf Schrank | Stündliche natürliche Lüftung |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Menge | Zeit | | |
| | | g | Min. | | |
| 1 | Do 7. Mai | 1822 | 33 | a) Von 51 auf 69, oder um + 18 %<br>b) » 60 » 85, » » + 25 » | 0,27 |
| 2 | Fr 8. Mai | 1671 | 28 | a) Von 58 auf 70, oder um + 12 »<br>b) » 65 » 86, » » + 21 » | 0,21 |
| 8 | Do 28. Mai | 1820 | 30 | a) Von 66 auf 75, oder um + 9 »<br>b) » 77 » 86, » » + 9 » | — |
| 9 | Sa 30. Mai | 2050 | 40 | a) Von 58 auf 71, oder um + 13 »<br>b) » 59 » 86, » » + 17 » | — |
| 10 | Mi 3. Juni | 1940 | 38 | a) Von 53 auf 69, oder um + 16 »<br>b) » 58 » 85, » » + 27 » | — |
| 11 | Do 4. Juni | 2010 | 38 | a) Von 56 auf 70, oder um + 14 »<br>b) » 61 » 85, » » + 24 » | — |
| 12 | Fr 5. Juni | 1955 | 38 | a) Von 53 auf 68, oder um + 15 »<br>b) » 58 » 86, » » + 28 » | — |
| 16 | Fr 3. Juli | 1910 | 35 | a) Von 50 auf 63, oder um + 13 »<br>b) » 54 » 81, » » + 27 » | — |
| | Mittel | 1897 | 35 | a) Von 56 auf 70, oder um + 14 %<br>b) » 63 » 85, » » + 22 »<br>Mittel = + 18 % | 0,24 |

Tabelle 1 zeigt in der Hauptsache folgendes:

Nahezu zwei Liter Wasser wurden im Mittel während etwa einer halben Stunde verdampft. Hierdurch stieg die relative Luftfeuchtigkeit im Mittel von Kopf- und Schrankhöhe um $\frac{14 + 22}{2} = 18\%$.

Dafs der Zuwachs an Feuchtigkeit in Schrankhöhe gröfser als in Kopfhöhe war, erregt kein Befremden. Das Mittel aus Kopf- und Schrankhöhe ergibt den mittleren Zuwachs für das ganze Zimmer eher zu hoch als zu niedrig, wodurch die Folgerungen in diesem Betreff, soweit neu, nur um so sicherer werden.

Digitized by Google

Im Mittel waren im möblierten Zimmer nicht weniger als 1897 : 18 = 105,4 g Wasser nötig, um 100 cbm Luft von 23,0° C[1]) um 1% höher zu befeuchten, gegen 20,4 g theoretisch, d. h. unter Vernachlässigung der Wasserdampfabsorption.

Tabelle II.

**Zimmer leer.**

**Anstiege der relativen Luftfeuchtigkeit während der Verdampfung von nahezu 2 l Wasser.**

| Nr. | Datum 1903 | Wasserverdampfung Menge | Zeit | Die Hygrometer steigen an: a) Hygrometer in Kopfhöhe b) Registrierhygrometer auf Schrank | Stündliche natürliche Lüftung |
|---|---|---|---|---|---|
| | | g | Min. | | |
| 3 | Do 14. Mai | 1645 | 35 | a) Von 57 auf 75, oder um + 18%<br>b) » 65 » 86, » » + 21 » | 0,24 |
| 4 | Fr 15. Mai | 1735 | 45 | a) Von 61 auf 75, oder um + 14 »<br>b) » 71 » 87, » » + 16 » | 0,25 |
| 5 | Sa 16. Mai | 1920 | 35 | a) Von 65 auf 77, oder um + 12 »<br>b) » 75 » 87, » » + 12 » | — |
| 6 | Fr 22. Mai | 2005 | 40 | a) Von 58 auf 77, oder um + 19 »<br>b) » 72 » 87, » » + 15 » | — |
| 7 | Mi 27. Mai | 1830 | 30 | a) Von 62 auf 76, oder um + 14 »<br>b) » 70 » 86, » » + 16 » | — |
| 13 | Sa 6. Juni | 1880 | 33 | a) Von 55 auf 71, oder um + 16 »<br>b) » 61 » 86, » » + 25 » | — |
| 14 | Mi 1. Juli | 1790 | 38 | a) Von 58 auf 74, oder um + 16 »<br>b) » 54 » 83, » » + 29 » | — |
| 15 | Do 2. Juli | 1900 | 34 | a) Von 53 auf 71, oder um + 18 »<br>b) » 57 » 83, » » + 26 » | — |
| | Mittel | 1838 | 36 | a) Von 60 auf 76, oder um + 16%<br>b) » 66 » 86, » » + 20 »<br>Mittel = + 18% | 0,24 |

Tabelle 2 läfst erkennen: Nahezu 2 l Wasser wurden in etwa einer halben Stunde verdampft, die relative Luftfeuchtigkeit stieg hierdurch um $\frac{16 + 20}{2} = 18\%$, ganz wie vorher im möblierten Zimmer.

Im Mittel zeigten sich im leeren Zimmer mindestens 1838 : 18 = 102,1 g Wasser erforderlich, um 100 cbm Luft von 20,0° C[2]) um 1% höher zu befeuchten, gegen 17,2 g Wasser theoretisch.

1) 23,0° als Mittelzahl aus Tabelle IV.

2) 20,0° als Mittelzahl aus Tabelle V.

Digitized by Google

Ein Vergleich der beiden Tabellen läfst keinesfalls einen Vorteil zugunsten der Möblierung ersehen, obwohl doch ein solcher bestehen mufs; aber der Vorteil kommt offenbar während der kurzen Verdampfungsdauer noch nicht zur Geltung. Der Umstand, dafs gleicherweise im möblierten wie im leeren Zimmer zur Erzielung eines gewissen Zuwachses über das Fünffache mehr Wasserdampf als theoretisch zu erwarten war, zugeführt werden konnte, dürfte darauf hindeuten, dafs es in erster Linie nicht das Mobiliar, sondern die Wände eines Zimmers sind, welche den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft in Schranken halten.

Tabelle III.

**Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur im Freien und im Versuchszimmer während der Versuchstage, das ist 12 Stunden vor bis 12 Stunden nach der Verdampfung.**

| Nr. | Datum 1903 | Zimmer möbliert oder leer | Im Freien | | Im Zimmer | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Rel. Feucht | Temperatur | Rel. Feucht. | Temperatur |
| | | | % | °C | % | °C |
| 1 | Do 7. Mai | Möbliert | 51 bis 76 | 12,5 bis 20,5 | 55 bis 85 | 20,2 bis 21,3 |
| 2 | Fr 8. Mai | » | 45 » 73 | 8,2 » 19,0 | 63 » 86 | 19,3 » 21,2 |
| 3 | Do 14. Mai | Leer | 48 » 74 | 5,9 » 17,5 | 64 » 86 | 16,0 » 17,0 |
| 4 | Fr 15. Mai | » | 51 » 77 | 11,8 » 18,7 | 71 » 87 | 16,8 » 17,4 |
| 5 | Sa 16. Mai | » | 59 » 82 | 12,3 » 18,0 | 75 » 87 | 16,8 » 17,7 |
| 6 | Fr 22. Mai | » | 57 » 79 | 10,7 » 19,2 | 72 » 87 | 16,0 » 17,0 |
| 7 | Mi 27. Mai | » | 66 » 97 | 9,8 » 19,5 | 70 » 86 | 19,0 » 20,0 |
| 8 | Do 28. Mai | Möbliert | 52 » 78 | 11,9 » 23,8 | 77 » 86 | 20,0 » 21,5 |
| 9 | Sa 30. Mai | » | 36 » 69 | 15,2 » 28,3 | 66 » 85 | 21,0 » 22,5 |
| 10 | Mi 3. Juni | » | 55 » 73 | 13,9 » 20,4 | 58 » 86 | 21,5 » 24,0 |
| 11 | Do 4. Juni | » | 51 » 82 | 11,2 » 19,0 | 61 » 85 | 22,6 » 24,0 |
| 12 | Fr 5. Juni | » | 75 » 82 | 10,2 » 16,5 | 57 » 86 | 22,0 » 23,5 |
| 13 | Sa 6. Juni | Leer | 67 » 92 | 9,6 » 19,6 | 61 » 86 | 21,0 » 22,2 |
| 14 | Mi 1. Juli | » | 49 » 71 | 14,0 » 22,5 | 53 » 83 | 22,6 » 23,8 |
| 15 | Do 2. Juli | » | 51 » 65 | 16,7 » 27,5 | 57 » 83 | 23,2 » 24,5 |
| 16 | Fr 3. Juli | Möbliert | 36 » 63 | 16,3 » 30,7 | 54 » 81 | 25,0 » 26,2 |
| | | Mittel | 53 bis 78 | 11,9 bis 29,3 | 63 bis 86 | 20,2 bis 21,5 |
| | | | Diff. 25 % | Diff. 9,4° | Diff. 23 % | Diff. 1,3° |
| | | | Mitt. 66 % | Mitt. 16,6° | Mitt. 75 % | Mitt. 20,9° |

Rel. Feuchtigk. von 66 % bei 16,6° = absol. 66 × 0,141 = 9,3 g/cbm Aufsenluft
» » » 25 » » 16,6° = » 25 × 0,141 = 3,5 » »
» » » 75 » » 20,9° = » 75 × 0,181 = 13,6 » Innenluft
» » » 23 » » 20,9° = » 23 × 0,181 = 4,2 » »

Digitized by Google

Für den Durchschnitt der Versuchstage ist im wesentlichen das Nachstehende aus Tabelle 3 ersichtlich:

Die Schwankungen der Lufttemperatur waren im Zimmer während der Versuche erheblich geringer als im Freien (1,3 gegen 9,4). Doch war die Lufttemperatur an sich im Zimmer höher, sie betrug im Mittel 20,9° gegen 16,6° im Freien. Die relative Luftfeuchtigkeit war hier wie dort ungefähr die gleiche (66 gegen 75 oder, mit Korrektion von Minus 7, etwa 66 gegen 68), und daher die absolute Feuchtigkeit im Zimmer gröfser (13,6 gegen 9,3 g), eben infolge der anhaltenden Wasserverdampfung.

Tabelle IV.

**Zimmer möbliert.** Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer zu Beginn und zu Schlufs der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien während der Verdampfung | | Im Zimmer zu Beginn[1]) der Verdampfung | | Im Zimmer zu Schlufs[1]) der Verdampfung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | f | t | f | t | f | t |
| | | % | ° C | % | ° C | % | ° C |
| 1 | Do 7. Mai | 51 | 18,8 | 60 (51) | 20,5 | 85 (69) | 21,3 |
| 2 | Fr 8. Mai | 52 | 16,7 | 65 (58) | 19,3 | 86 (70) | 21,2 |
| 8 | Do 28. Mai | 59 | 21,5 | 77 (66) | 20,0 | 86 (75) | 21,5 |
| 9 | Sa 30. Mai | 53 | 22,6 | 69 (58) | 21,0 | 86 (71) | 22,5 |
| 10 | Mi 3. Juni | 60 | 18,3 | 58 (53) | 21,5 | 85 (69) | 24,0 |
| 11 | Do 4. Juni | 61 | 15,0 | 61 (56) | 22,6 | 85 (70) | 24,0 |
| 12 | Fr 5. Juni | 80 | 14,5 | 58 (53) | 22,0 | 86 (68) | 23,5 |
| 16 | Fr 3. Juli | 43 | 26,7 | 54 (50) | 25,0 | 81 (63) | 26,2 |
| | Mittel | 57 | 19,3 | 63 (56) | 21,5 | 85 (70) | 23,0 |

Rel. Feuchtigk. von 57% bei 19,3° = absol. 57 × 0,165 = 9,4 g/cbm Aufsenluft
» » » 63 » » 21,5° = » 63 × 0,188 = 11,8 » Innenluft
» » » 56 » » 21,5° = » 56 × 0,188 = 10,5 » »
» » » 85 » » 23,0° = » 85 × 0,204 = 17,3 » »
» » » 70 » » 23,0° = » 70 × 0,204 = 14,3 » »

Nach Tabelle 4 wurde die relative Luftfeuchtigkeit des möblierten Zimmers durch die Verdampfung um $\frac{85+70}{2} - \frac{63-56}{2}$ $= 78 - 60 = 18\%$ gesteigert, was in etwas anderer Weise bereits

1) Hierunter sind neben die Anzeigen des Registrierhygrometers die Angaben des anderen Hygrometers, s. Tabelle I, in Klammern gesetzt.

Digitized by Google

Tabelle 1 zeigte, und die absolute um $\frac{17{,}3 + 14{,}3}{2} - \frac{11{,}8 + 10{,}5}{2}$ $= 15{,}8 - 11{,}2 = 4{,}6$ g/cbm erhöht.

Schon vor Beginn der Verdampfung war in der Regel im Zimmer eine etwas gröfsere Feuchtigkeitsmenge als im Freien vorhanden. Wahrscheinlich trug hieran der jeweils vorausgegangene Versuch schuld. Denn dafs in versuchsfreier Zeit die Zimmerluft nicht feuchter, sondern im Gegenteil trockener als die Aufsenluft war, haben wir bereits berührt. Zwar waren die relativen Feuchtigkeiten annähernd gleich (Aufsenluft 57, Innenluft 56), jedoch die Temperaturen verschieden (19,3 gegen 21,5), so dafs im Mittel die absolute Feuchtigkeit der Zimmerluft $56 \times 0{,}188 = 10{,}5$ und jene der Aufsenluft etwas weniger, nämlich nur 9,4 g/cbm betrug. Ausnahmsweise wies im Versuch Nr. 12 die Aufsenluft eine wesentlich höhere relative Feuchtigkeit auf (80 gegen 53), immerhin jedoch eine geringere absolute (9,9 gegen 10,2).

Tabelle V.

**Zimmer leer.** Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer zu Beginn und zu Schlufs der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien während der Verdampfung | | Im Zimmer zu Beginn der Verdampfung | | Im Zimmer zu Schlufs der Verdampfung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | f | t | f | t | f | t |
| | | % | ° C | % | ° C | % | ° C |
| 3 | Do 14. Mai | 57 | 14,4 | 65 (57) | 16,0 | 86 (75) | 17,0 |
| 4 | Fr 15. Mai | 60 | 16,6 | 71 (61) | 16,8 | 87 (75) | 17,4 |
| 5 | Sa 16. Mai | 64 | 15,8 | 75 (65) | 16,8 | 87 (77) | 17,7 |
| 6 | Fr 22. Mai | 64 | 16,5 | 72 (58) | 16,0 | 87 (77) | 17,0 |
| 7 | Mi 27. Mai | 74 | 16,9 | 70 (62) | 19,0 | 86 (76) | 20,0 |
| 13 | Sa 6. Juni | 74 | 15,5 | 61 (55) | 21,0 | 86 (71) | 22,2 |
| 14 | Mi 1. Juli | 60 | 18,6 | 54 (58) | 22,6 | 83 (74) | 23,8 |
| 15 | Do 2. Juli | 56 | 23,7 | 57 (53) | 23,2 | 83 (71) | 24,5 |
| | Mittel | 63 | 17,3 | 66 (60) | 19,0 | 86 (76) | 20,0 |

Rel. Feuchtigk. von 63% bei 17,3° = absol. $63 \times 0{,}147 = 9{,}3$ g/cbm Aufsenluft
» » » 66 » » 19,0° = » $66 \times 0{,}162 = 10{,}7$ » Innenluft
» » » 60 » » 19,0° = » $60 \times 0{,}162 = 9{,}7$ » »
» » » 86 » » 20,0° = » $86 \times 0{,}172 = 14{,}8$ » »
» » » 76 » » 20,0° = » $76 \times 0{,}172 = 13{,}1$ » »

Digitized by Google

Tabelle 5 führt auf das gleiche Resultat wie Tabelle 4.

Die relative Luftfeuchtigkeit wurde auch im leeren Zimmer durch die Verdampfung um $\frac{86+76}{2} - \frac{66-60}{2} = 81 - 63 =$ 18% gesteigert, das ist absolut um $\frac{14{,}8-13{,}1}{2} - \frac{10{,}7-9{,}7}{2} =$ 14,0 — 10,2 = 3,8 g/cbm.

Bereits vor Beginn der Verdampfung war auch im leeren Zimmer in der Regel eine um ein Geringes höhere absolute Luftfeuchtigkeit als im Freien vorhanden. Zwar waren die relativen Feuchtigkeiten durchschnittlich annähernd gleich (aufsen 63, Zimmer 60), jedoch die Temperatur draufsen niedriger (17,3 gegen 19,0), so dafs die absolute Feuchtigkeit der Zimmerluft im Mittel $60 \times 0{,}162 = 9{,}7$ und jene der Aufsenluft etwas weniger, nämlich $63 \times 0{,}147 = 9{,}3$ g/cbm betrug.

Aus einem Vergleich von Tabelle 4 und 5 läfst sich noch durchaus kein Vorteil einer Möblierung des Zimmers im Hinblick auf die Feuchtigkeitsverhältnisse folgern; auch nicht aus den beiden folgenden Tabellen.

Tabelle VI.

**Zimmer möbliert.** Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer während 12 Stunden nach der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien | | Im Zimmer | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Rel. Feucht. | Temperatur | Rel. Feucht. | Temperatur |
| | | % | ° C | % | ° C |
| 1 | Do 7. Mai | 51 bis 71 | 12,5 bis 18,8 | 64 bis 85 | 20,5 bis 21,3 |
| 2 | Fr 8. Mai | 45 » 66 | 14,3 » 18,1 | 70 » 86 | 21,0 » 21,2 |
| 8 | Do 28. Mai | 52 » 73 | 18,6 » 23,7 | 83 » 86 | 20,5 » 21,5 |
| 9 | Sa 30. Mai | 36 » 60 | 20,9 » 26,4 | 76 » 86 | 21,7 » 22,5 |
| 10 | Mi 3. Juni | 55 » 68 | 15,6 » 19,4 | 66 » 85 | 23,8 » 24,0 |
| 11 | Do 4. Juni | 51 » 51 | 12,9 » 16,8 | 61 » 85 | 22,9 » 24,0 |
| 12 | Fr 5. Juni | 80 » 82 | 14,9 » 15,4 | 65 » 86 | 22,0 » 23,5 |
| 16 | Fr 3. Juli | 36 » 53 | 25,4 » 29,0 | 63 » 81 | 25,2 » 26,2 |
| | Mittel | 51 bis 66 | 16,9 bis 20,9 | 69 bis 85 | 22,2 bis 23,0 |
| | | Diff. 15% | Diff. 4,0° | Diff. 16% | Diff. 0,8° |
| | | Mitt. 58% | Mitt. 18,9° | Mitt. 77% | Mitt. 22,6° |

Rel. Feuchtigk. von 58% bei 18,9° = absol. $58 \times 0{,}161 = 9{,}3$ g/cbm Aufsenluft
» » » 15 » » 18,9° = » $15 \times 0{,}161 = 2{,}4$ » »
» » » 77 » » 22,6° = » $77 \times 0{,}200 = 15{,}4$ » Innenluft
» » » 16 » » 22,6° = » $16 \times 0{,}200 = 3{,}2$ » »

Digitized by Google

Tabelle VII.

**Zimmer leer.** Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer während 12 Stunden nach der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien | | Im Zimmer | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Rel. Feucht. | Temperatur | Rel. Feucht. | Temperatur |
| | | % | ° C | % | ° C |
| 3 | Do 14. Mai | 48 bis 62 | 13,7 bis 16,4 | 75 bis 86 | 16,4 bis 17,0 |
| 4 | Fr 15. Mai | 51 » 72 | 14,2 » 18,5 | 80 » 87 | 17,2 » 17,4 |
| 5 | Sa 16. Mai | 59 » 82 | 12,3 » 17,6 | 76 » 87 | 17,4 » 17,7 |
| 6 | Fr 22. Mai | 57 » 79 | 14,1 » 18,5 | 82 » 87 | 16,4 » 17,0 |
| 7 | Mi 27. Mai | 66 » 86 | 15,5 » 18,5 | 81 » 86 | 19,5 » 20,0 |
| 13 | Sa 6. Juni | 67 » 73 | 14,7 » 17,5 | 68 » 86 | 21,7 » 22,2 |
| 14 | Mi 1. Juli | 49 » 60 | 18,7 » 21,5 | 59 » 63 | 22,8 » 23,8 |
| 15 | Do 2. Juli | 51 » 59 | 21,0 » 26,1 | 66 » 83 | 23,9 » 24,5 |
| | Mittel | 56 bis 72 | 15,5 bis 19,3 | 74 bis 86 | 19,4 bis 20,0 |
| | | Diff. 16% | Diff. 3,8° | Diff. 12% | Diff. 0,6° |
| | | Mitt. 64% | Mitt. 17,4° | Mitt. 80% | Mitt. 19,7° |

Rel. Feuchtigk. von 64% bei 17,4° = absol. 64 × 0,147 = 9,4 g/cbm Aufsenluft
» » » 16 » » 17,4° = » 16 × 0,147 = 2,4 » »
» » » 80 » » 19,7° = » 80 × 0,169 = 13,5 » Innenluft
» » » 12 » » 19,7° = » 12 × 0,169 = 2,0 » »

Tabelle VIII.

**Zimmer möbliert.** Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers. a) Vor beginnender Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden vor Beginn der Wasserverdampfung | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 St. | 6 St. | 5 St. | 4 St. | 3 St. | 2 St. | 1 St. | 0 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 55 | 59 | 59 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 2 | 65 | 64 | 63 | 63 | 63 | 65 | 65 | 65 |
| 8 | 81 | 78 | 78 | 78 | 77 | 78 | 77 | 77 |
| 9 | 66 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 |
| 10 | 65 | 64 | 65 | 63 | 61 | 59 | 58 | 58 |
| 11 | 66 | 64 | 64 | 64 | 63 | 62 | 61 | 61 |
| 12 | 61 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 58 | 58 |
| 16 | 65 | 63 | 62 | 61 | 61 | 53 | 54 | 54 |
| Mittel | 65 | 65 | 65 | 64 | 64 | 63 | 63 | 63 |

Mittel 64%.

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1215 | 1215 | 1215 | 1197 | 1197 | 1178 | 1178 | 1178 |

Mittel 1200.

Digitized by Google

Tabelle 8 beweist, dafs die Luftfeuchtigkeit im möblierten Zimmer vor Beginn der Verdampfung sehr geringen Schwankungen unterworfen war.

Tabelle IX.

**Zimmer möbliert.**

Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers.

b) Nach beendigter Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 St. | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 85 | 77 | 76 | 74 | 73 | 71 | 69 | 66 | 65 | 64 | 65 |
| 2 | 86 | 82 | 79 | 78 | 77 | 76 | 75 | 73 | 71 | 70 | 67 |
| 8 | 86 | 86 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 84 | 83 | 79 |
| 9 | 86 | 85 | 85 | 83 | 80 | 78 | 77 | 77 | 77 | 76 | 73 |
| 10 | 85 | 83 | 77 | 74 | 71 | 70 | 68 | 67 | 67 | 66 | 61 |
| 11 | 85 | 80 | 75 | 70 | 67 | 65 | 64 | 63 | 62 | 61 | 58 |
| 12 | 86 | 79 | 75 | 70 | 69 | 68 | 68 | 66 | 65 | 65 | 61 |
| 16 | 81 | 75 | 71 | 67 | 67 | 67 | 67 | 66 | 64 | 63 | 59 |
| Mittel | 85 | 81 | 78 | 75 | 74 | 73 | 72 | 71 | 70 | 69 | 65 |

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1700 | 1620 | 1560 | 1500 | 1480 | 1460 | 1440 | 1420 | 1400 | 1380 | 1243 |

(Siehe Tabelle X auf S. 34.)

Tabelle 9 und 10 zeigen, dafs im möblierten Zimmer rasch verhältnismäfsig grofse Mengen des verdampften Wassers verschwinden. Von den 500 g Wasser, welche gleich nach der Verdampfung der 1900 g Wasser als Zuwachs in der Luft nachgewiesen wurden, waren nach 1 Stunde 80 g aus der Luft verschwunden, nach 3 Stunden 200 g, nach 12 Stunden 320 g und nach 24 Stunden 380 g.

(Siehe Tabelle XI auf S. 35.)

Aus Tabelle 11 geht hervor, dafs die Luftfeuchtigkeit vor Beginn der Verdampfung auch im leeren Zimmer nur minimalen Schwankungen ausgesetzt war.



Digitized by Google

Tabelle X. **Zimmer möbliert.**

Abnahmen der relativen Luftfeuchtigkeit nach beendigter Wasserverdampfung, berechnet nach den Anzeigen des Registrierhygrometers.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | Anstieg hatte betragen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | — 8 (8) | — 9 (1) | — 11 (2) | — 12 (1) | — 14 (2) | — 16 (2) | — 19 (3) | — 20 (1) | — 21 (1) | — 22 (1) | + 25 |
| 2 | — 4 (4) | — 7 (3) | — 8 (1) | — 9 (1) | — 10 (1) | — 10 (0) | — 12 (2) | — 14 (2) | — 15 (1) | — 18 (3) | + 21 |
| 8 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 2 (1) | — 3 (1) | — 7 (4) | + 9 |
| 9 | — 1 (1) | — 1 (0) | — 3 (2) | — 6 (3) | — 8 (2) | — 9 (1) | — 9 (0) | — 9 (0) | — 10 (1) | — 13 (3) | + 17 |
| 10 | — 2 (2) | — 8 (6) | — 11 (3) | — 14 (3) | — 15 (1) | — 17 (2) | — 18 (1) | — 18 (0) | — 19 (1) | — 24 (5) | + 27 |
| 11 | — 5 (5) | — 10 (5) | — 15 (5) | — 18 (3) | — 20 (2) | — 21 (1) | — 22 (1) | — 23 (1) | — 24 (1) | — 27 (3) | + 24 |
| 12 | — 6 (6) | — 10 (4) | — 15 (5) | — 16 (1) | — 17 (1) | — 17 (0) | — 19 (2) | — 20 (1) | — 20 (0) | — 24 (4) | + 28 |
| 16 | — 6 (6) | — 10 (4) | — 14 (4) | — 14 (0) | — 14 (0) | — 14 (0) | — 15 (1) | — 17 (2) | — 18 (1) | — 22 (4) | + 27 |
| Mittel | — 4 (4) | — 7 (3) | — 10 (3) | — 11 (1) | — 12 (1) | — 13 (1) | — 14 (1) | — 15 (1) | — 16 (1) | — 20 (4) | + 22 |

Die entsprechenden Abnahmen der absoluten Feuchtigkeit, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | — 80 | — 140 | — 200 | — 220 | — 240 | — 260 | — 280 | — 300 | — 320 | — 380 | + 500 g |

Zum Vergleich hiermit diene:

In runden Zahlen waren im Mittel 1900 g Wasser verdampft worden; 1700 — 1200 = 500 g Wasser waren nach der Verdampfung als Zuwachs in der Luft nachweisbar; 1900 — 500 = 1400 g Wasser waren während der halbstündigen Verdampfung der Luft entzogen worden.

Digitized by Google

Tabelle XI.

**Zimmer leer.** Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers. a) Vor beginnender Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden vor Beginn der Wasserverdampfung | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 St. | 6 St. | 5 St. | 4 St. | 3 St. | 2 St. | 1 St. | 0 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 3 | 66 | 65 | 64 | 64 | 64 | 64 | 65 | 65 |
| 4 | 75 | 73 | 72 | 72 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| 5 | 79 | 76 | 76 | 76 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| 6 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |
| 7 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 13 | 65 | 64 | 64 | 64 | 63 | 61 | 61 | 61 |
| 14 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 54 | 54 | 54 |
| 15 | 59 | 58 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Mittel | 67 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |

Mittel 66 %.

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1085 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 |

Mittel 1070 g.

Tabelle XII.

**Zimmer leer.** Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers. b) Nach beendigter Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 St. | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 3 | 86 | 85 | 84 | 80 | 77 | 76 | 76 | 76 | 76 | 75 | 71 |
| 4 | 87 | 87 | 86 | 85 | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 | 80 | 75 |
| 5 | 87 | 87 | 86 | 86 | 86 | 86 | 80 | 80 | 78 | 76 | 72 |
| 6 | 87 | 86 | 86 | 85 | 85 | 84 | 84 | 83 | 83 | 82 | 77 |
| 7 | 86 | 86 | 85 | 84 | 84 | 84 | 84 | 83 | 82 | 81 | 77 |
| 13 | 86 | 86 | 83. | 81 | 78 | 77 | 76 | 73 | 70 | 68 | 64 |
| 14 | 83 | 78 | 74 | 67 | 64 | 62 | 61 | 60 | 59 | 59 | 57 |
| 15 | 83 | 82 | 78 | 75 | 72 | 71 | 71 | 69 | 68 | 66 | 58 |
| Mittel | 86 | 85 | 83 | 81 | 79 | 78 | 77 | 76 | 75 | 74 | 69 |

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1466 | 1446 | 1411 | 1377 | 1343 | 1326 | 1309 | 1292 | 1275 | 1261 | 1167 |



Digitized by Google

Tabelle XIII. **Zimmer leer.**

Abnahmen der relativen Luftfeuchtigkeit nach beendigter Wasserverdampfung, berechnet nach den Anzeigen des Registrierhygrometers.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | Anstieg hatte betragen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 3 | — 1 (1) | — 2 (1) | — 6 (4) | — 9 (3) | — 10 (1) | — 10 (0) | — 10 (0) | — 10 (0) | — 11 (1) | — 15 (4) | + 21 |
| 4 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 2 (1) | — 2 (0) | — 3 (1) | — 4 (1) | — 5 (1) | — 6 (1) | — 7 (1) | — 12 (5) | + 16 |
| 5 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 7 (6) | — 7 (0) | — 9 (2) | — 11 (2) | — 15 (4) | + 12 |
| 6 | — 1 (1) | — 1 (0) | — 2 (1) | — 2 (0) | — 3 (1) | — 3 (0) | — 4 (1) | — 4 (0) | — 5 (1) | — 10 (5) | + 15 |
| 7 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 2 (1) | — 2 (0) | — 2 (0) | — 2 (0) | — 3 (1) | — 4 (1) | — 5 (1) | — 9 (4) | + 16 |
| 13 | — 0 (0) | — 3 (3) | — 5 (2) | — 8 (3) | — 9 (1) | — 10 (1) | — 13 (3) | — 16 (3) | — 18 (2) | — 22 (4) | + 25 |
| 14 | — 5 (5) | — 9 (4) | — 16 (7) | — 19 (3) | — 21 (2) | — 22 (1) | — 23 (1) | — 24 (1) | — 24 (0) | — 26 (2) | + 29 |
| 15 | — 1 (1) | — 5 (4) | — 8 (3) | — 11 (3) | — 12 (1) | — 12 (0) | — 14 (2) | — 15 (1) | — 17 (2) | — 25 (8) | + 26 |
| Mittel | — 1 (1) | — 3 (2) | — 5 (2) | — 7 (2) | — 8 (1) | — 9 (1) | — 10 (1) | — 11 (1) | — 12 (1) | — 17 (5) | + 20 |

Die entsprechenden Abnahmen der absoluten Feuchtigkeit, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | — 20 | — 55 | — 89 | — 123 | — 140 | — 157 | — 174 | — 191 | — 205 | — 299 | + 400 g |

Zum Vergleich hiermit diene:

In runden Zahlen waren im Mittel 1850 g Wasser verdampft worden; 1470 — 1070 = 400 g Wasser waren nach der Verdampfung als Zuwachs in der Luft nachweisbar; 1850 — 400 = 1450 g Wasser waren während der halbstündigen Verdampfung der Luft entzogen worden.

Digitized by Google

Nur langsam verschwinden im leeren Zimmer, wie Tabelle 12 und 13 dartun, einigermafsen beträchtliche Mengen des verdampften Wassers aus der Luft. Von den 400 g Wasser, welche unmittelbar nach der Verdampfung der 1850 g Wasser als Zuwachs in der Luft vorgefunden wurden, waren nach 1 Stunde 20 g verschwunden, nach 3 Stunden etwa 90 g, nach 12 Stunden 200 g und nach 24 Stunden 300 g.

Das leere Zimmer ist also gegen das möblierte doch erheblich im Nachteil.

Fig. 1 (S. 37) gibt die Kurven der relativen Feuchtigkeit der Zimmerluft während zweier Versuchstage (Nr. 12 möbliert und Nr. 13 leer). Man sieht, dafs nach der Wasserverdampfung im möblierten Zimmer die Kurve weit rascher als im leeren Zimmer fiel.

**Kurven der relativen Luftfeuchtigkeit.**

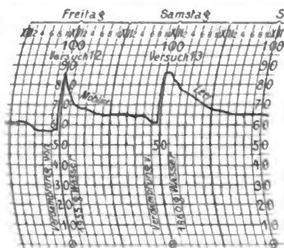



Fig. 1.

Fig. 2 und 3 stellen ebenfalls Kurven der relativen Luftfeuchtigkeit im Versuchszimmer dar; diese Kurven bedeuten jedoch Mittelwerte und zwar aus allen zugehörigen Versuchstagen.

Fig. 2 (S. 38) beweist somit, dafs die aus Fig. 1 erkennbaren Unterschiede typische sind.

Fig. 3 (S. 39) veranschaulicht die Gröfse der Abnahmen der relativen Luftfeuchtigkeit im möblierten und leeren Zimmer während der einzelnen Stunden nach der Verdampfung. Auch hierdurch wird illustriert, dafs das möblierte Zimmer mehr als das unmöblierte geeignet ist, Wasserdampf aus der Zimmerluft aufzunehmen.

Blicken wir zurück, so erkennen wir:

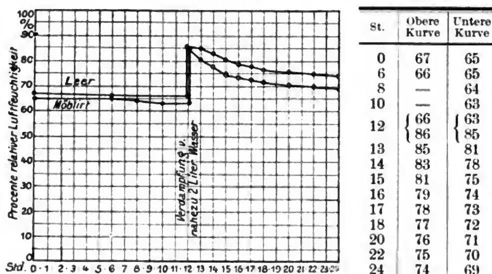
Von annähernd 2 kg Wasser, die in einem 100 cbm grofsen Zimmer während einer halben Stunde verdampft wurden, waren nach beendigter Verdampfung, einerlei ob das Zimmer möbliert

Digitized by Google

oder leer benutzt wurde, nur etwa 500 g in der Luft nachweisbar. Es waren also 1500 g Wasser in der Hauptsache von den Wänden des Zimmers während der halbstündigen Verdampfung aufgenommen worden.[1])

Eine gute hygroskopische Beschaffenheit der Wände und Mauern eines Zimmers ist demnach feuchtigkeitsregulatorisch ein äußerst wichtiger Umstand und in unseren Versuchen quantitativ weit mehr als die Hygroskopizität des Mobiliars von Belang.

**Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit, berechnet aus den Anzeigen des Registrierhygrometers.**




| St. | Obere Kurve | Untere Kurve |
|---|---|---|
| 0 | 67 | 65 |
| 6 | 66 | 65 |
| 8 | — | 64 |
| 10 | — | 63 |
| 12 | { 66 / 86 | { 63 / 85 |
| 13 | 85 | 81 |
| 14 | 83 | 78 |
| 15 | 81 | 75 |
| 16 | 79 | 74 |
| 17 | 78 | 73 |
| 18 | 77 | 72 |
| 20 | 76 | 71 |
| 22 | 75 | 70 |
| 24 | 74 | 69 |

Fig. 2.

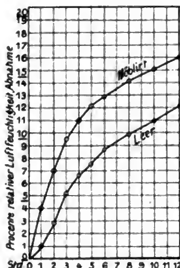
Ohne Bedeutung in dieser Beziehung ist jedoch auch das Mobiliar nicht. Denn im möblierten Zimmer dauerte es beispielsweise nur fünf bis sechs, im leeren Zimmer dagegen zwölf Stunden, bis jene am Schlufs der Verdampfung verbliebene überschüssige Wasserdampfmenge von etwa 500 g zur Hälfte aus der Luft verschwunden war; und nach 24 Stunden konnten im ersteren Falle nur noch etwa ein Fünftel, im letzteren dagegen noch etwa ein Viertel dieses Wasserdampfs in der Luft nachgewiesen werden.

1) Die Oberfläche des Zimmers betrug, wie erwähnt, 143 qm. Auf ein Quadratmeter treffen daher nur etwa 10 g und auf ein Quadratdezimeter nur ein Zehntel Gramm Wasserdampf-Absorption während der Verdampfung.

Digitized by Google

Im Hinblick auf diese Fragen darf aber natürlich nicht unberücksichtigt gelassen werden, dafs eben zwischen den Wohnräumen der Minderbemittelten und der besser Situierten ein charakteristischer Unterschied in der Menge des Mobiliars liegt, was diesen regulatorischen Einflufs auf die Luftfeuchtigkeit üben kann. Bei den ersteren ist das »Mobiliar« ein dürftiges und geringes und unter den Dingen, die besonders leicht hygroskopische Feuchtigkeit aufnehmen, in erster Linie nur das »Bett« zu nennen, das aber bei der Überfülle der Feuchtigkeit die unangenehme

**Mittelwerte der Feuchtigkeitsabnahmen nach beendeter Verdampfung von etwa 2 l Wasser, berechnet aus den Anzeigen des Registrierhygrometers.**




| St. | Obere Kurve | Untere Kurve |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 4,0 | 1,0 |
| 2 | 7,0 | 2,9 |
| 3 | 9,5 | 5,2 |
| 4 | 11,0 | 6,7 |
| 5 | 12,1 | 7,6 |
| 6 | 12,9 | 8,7 |
| 8 | 14,1 | 9,9 |
| 10 | 15,1 | 11,0 |
| 12 | 16,0 | 12,2 |

Fig. 3.

Eigenschaft annimmt, dafs die Federn schwer werden, zusammenfallen und ihren wärmehaltenden Luftreichtum verlieren.

Der Luftkubus ist dürftig, auch die Wandfläche kann dabei nur in beschränktem Mafse die von uns berührten Eigentümlichkeiten äufsern.

Man mufs weiter damit rechnen, dafs bei dem dauernden Aufenthalte der Menschen in Wohn- und Schlafräumen die regulierende Wirkung der Hygroskopizität mehr oder minder zurücktreten wird, aber immer im Verhältnis am schnellsten bei den überfüllten Wohnungen.

Digitized by Google

Ein Wohnraum, der zugleich Schlafraum ist, dieser Fall tritt aufserordentlich häufig ein, hat also die unangenehmen Schattenseiten der Feuchtigkeit vollauf zu tragen.

Vieles läfst sich daher durch eine vernünftige kurz dauernde aber intensive Lüftung vor dem Schlafen erreichen. Die in der Luft aufgespeicherte Wärme ist unbedeutend, die Wirkung des in der Luft enthaltenen Wassers aber für die Schlafzeit eine recht ungünstige.

Auf einen Umstand mag zum Schlusse noch besonders hingewiesen werden. Es ist bekannt, dafs man von verschiedenen Seiten darauf aufmerksam gemacht hat, es sei notwendig, die Luftverschlechterung der Wohnräume nach der sich anhäufenden Wasserdampfmenge an Stelle der Bestimmung des Kohlensäuregehaltes zu beurteilen. Noch immer kehrt diese völlig verkehrte Anschauung in der Literatur wieder; es wäre endlich an der Zeit, mit derartigen Vorstellungen zu brechen.

Der Dampfmafsstab bildet kein gleich sicheres Kriterium für die Luftverschlechterung in Wohnräumen wie der Kohlensäuremafsstab.

Es ist unmöglich, wie Péclet, Deny, Haesecke u. a. wollten, den Grad der Luftfeuchtigkeit in einem Wohnraum als Mafsstab für die Luftverschlechterung aus Atmung[1]) zu verwerten. Steigt in einem Wohnraum die Luftfeuchtigkeit infolge der Atmung der Bewohner stark an, so weist dies freilich auf eine starke Anhäufung von Ausatmungsprodukten in der Zimmerluft hin. Aber der gleiche Mifsstand kann auch bestehen, ohne dafs die Luftfeuchtigkeit wesentlich in die Höhe geht, sofern die Wände und Gegenstände des Zimmers infolge ihrer hygroskopischen Beschaffenheit grofse Mengen von Wasserdampf aufnehmen. In Abhängigkeit von einem abnorm geringen hygroskopischen Verhalten der Wände kann der ausgeschiedene Wasserdampf manchmal vielleicht fast völlig zur Wirkung auf das Hygrometer gelangen, da z. B., wo die Wände mit Ölfarbe gestrichen sind, und auch sonst nicht viel hygroskopisches Material vorhanden ist. In vielen, wohl den meisten Fällen wird aber nur ein Bruchteil,

1) In noch bedeutenderem Grade kommt die Hautatmung in Betracht.

Digitized by Google

etwa ein Fünftel und noch viel weniger von dem ausgeatmeten Wasserdampf auf das Hygrometer wirken, vier Fünftel und weit mehr werden aus der Luft unbemerkt absorbiert.

## Beiträge zur Kenntnis des minimalsten Schlafraumes.

In den meisten deutschen Städten wird seit vielen Jahren bereits für Nachtherbergen und Schlafgängereien zum mindesten 10 cbm pro Person vorgeschrieben; in Belgien und Frankreich 14 cbm, im Kanton Genf 16 cbm. 10 cbm gelten als Mafs pro Person für die Armenwohnungen, Logierhäuser in den Seestädten und als Mindestschlafraum in England.

Die Zahl 10 cbm kehrt in Verbesserungsvorschlägen ungemein häufig wieder; tatsächlich kommen nicht allzuwenige Fälle vor, wo bei uns in den Städten Erwachsene mit 5 cbm und selbst in den schlimmsten Fällen mit noch weniger untergebracht sind. Nachteile verstehen sich unter solchen Verhältnissen von selbst. Was die Ventilationslosigkeit anlangt, so schafft glücklicherweise oft irgendein baulicher Mangel, wie klaffende Türen, schlecht schliefsende Fenster, wenigstens Ersatz für den mangelnden Raum, freilich auch wieder nur unter Herbeiführung eben eines anderen unsanitären Zustandes (Zug, Kälte).

Die Wohnungsreform mufs sich u. a. auch mit einer Festlegung eines Mindestluftraumes beschäftigen, um der Überfüllung der Wohn- und Schlafräume entgegenzuarbeiten.

Soweit ersichtlich, beruht die Annahme eines solchen wie z. B. 10 cbm auf Erfahrungen bei Wohnungsbesichtigungen, wobei man Verhältnisse, in denen noch eine dichtere Belegung der Wohnung eintritt, als Fälle krasser Wohnungsüberfüllung beurteilen zu müssen glaubte. Es ist hierbei meist die Gesamtbelegung, Kinder und Erwachsene zusammengenommen, betrachtet worden.

Bei der Beurteilung dieser Wohnungs-Übelstände kommen nicht allein rein hygienische, sondern namentlich auch sittliche Bedenken aller Art mit in Frage.

Wer den vorstehenden Darlegungen gefolgt ist, wird sich wohl hinsichtlich der Veratmung der Luft, sowie der Vermehrung

Digitized by Google

der Luftfeuchtigkeit ein Bild solcher engen Wohnungen machen können.

Wer die praktischen Verhältnisse eines Raumes kennt, der mit Menschen à 10 cbm Luftraum belegt ist, wird ohne Zweifel über die Annehmlichkeiten dieses Mindestluftraums nicht im Zweifel sein.[1]) 10 cbm Luftraum bedeuten wohl für einen kleinen Teil der Bevölkerung eine Verbesserung ihrer Lage, einen sanitär befriedigenden Zustand stellen sie aber nicht dar, das müssen wir von hygienischer Seite aufs Bestimmteste betonen.

Wenn man von 10 cbm im Gesamtdurchschnitt spricht, so müfste dieser Wert zutreffend sein für einen Menschen mittlerer Gröfse und Körpermafse. Das Mittel-Körpergewicht der Bevölkerung nähert sich im Durchschnitt der Zahl 45 Kilo.

Auch mit Rücksicht auf diese »mittleren Durchschnitte« bleibt der Luftkubus von 10 cbm immer noch ein wahrer Mindestluftraum; denn unsere Versuchspersonen mit zum Teil 50 Kilo wenig überschreitendem Gewicht geben einen recht guten Vergleich mit den hier in Frage stehenden Problemen. Der minimalste Luftkubus, wie er erstrebt wird, ist ein Notbehelf.

Ein einheitlicher Luftkubus von 10 cbm pro Person hat übrigens keineswegs den allgemeinen Beifall gefunden, er hat sich, als wenn er ein übertriebener Luxus wäre, weitere Abstriche gefallen lassen müssen. Inwieweit die letzteren mehr oder minder weit tatsächliche Wirkungen finanzieller oder sanitärer Art entfalten, mag einer kurzen Besprechung unterzogen sein, zumal Begründungen für solche Neuvorschläge nicht gegeben werden.

Die Strafsburger Versammlung des Vereins für öffentl. Gesundheitspflege brachte 10 cbm Luftraum für Erwachsene und 5 cbm für Kinder unter 10 Jahren in Vorschlag (1889). Das Wohnungsgesetz von Hamburg (1898) für Schlafräume 10 cbm, für Kinder bis 15 Jahre 5 cbm. Ähnliches verlangt die Verfügung vom 21. Mai 1901 für Württemberg (Kinder unter 14 Jahren die Hälfte); eine Verordnung für Düsseldorf vom

1) Siehe bei Bucher, Wohnungsenquête, Basel 1891, S. 126.

Digitized by Google

21. November 1895 10 cbm für Erwachsene, für Kinder unter 10 Jahren die Hälfte; Verordnung für Regierungsbezirk Potsdam über Schlafstellenwesen 10 cbm pro Erwachsene, $^2/_3$ davon für Kinder zwischen 6—14 Jahren, $^1/_3$ der ersteren (3,3) für Kinder bis zu 6 Jahren usw.

Man kann also vier Typen der Vorschläge in Beachtung ziehen.

1) Gleichheitliche Anwendung des 10 cbm-Mafsstabs;
2) Berechnung der Kinder von 1—10 Jahren mit 5 cbm
3) » » » » 1—15 » » 5 »;
4) » » » » 1—5 » » $^1/_2$,

und von 5—15 mit $^1/_3$ der 10 cbm für den Erwachsenen.

Was mag nun der Effekt aller dieser Vorschläge sein? Offenbar verschlechtert sich die Lage aller, die mit dem Mindestluftraum leben müssen, wenn die Kinder und Halberwachsenen besonders berechnet und mit geringeren Werten eingeschätzt werden gegenüber dem einheitlichen Ansatze von 10 cbm Luftraum.

Zweifellos hat der Umstand, dafs man den mittleren Mindestluftgehalt, wie er sich bei statistischen Erhebungen als ein Grenzmafs in runder Zahl herausgestellt hat, folgerichtig auch für Kinder anwenden mufste, den Eindruck des Überschwänglichen gemacht.

Es ist aber keineswegs ohne weiteres einleuchtend in wie weit die Abänderungvorschläge für die ganze Wohnungsreform eine entsprechende Tragweite besitzen.

Wir wollen zunächst uns fragen, wie sich die ökonomische Seite der vorgeschlagenen Modifikation stellt.

Wenn wir in einer Stadt etwa 4% der Bevölkerung in überfüllten Schlafräumen untergebracht hätten, so würde für diese also die Besserung nach einem bestimmten Mindestluftraum von 10 cbm u. dgl. eintreten können; die Zahl der neu unterzubringenden Personen würde sich also nur auf einen Teil der 4% obiger Annahmen beziehen, also überhaupt nicht den grofsen Umfang haben, wie es manchem zunächst scheinen mag.

Die Neuaufwendungen für geräumigere Wohnungen würden sich je nach den verschiedenen Vorschlägen verschieden gestalten,

Digitized by Google

lassen sich aber relativ in folgender Weise gegeneinander abwägen.

Wenn man den Aufbau der Bevölkerung in den kleinen Wohnungen genau kennt, so würde sich eine approximative Schätzung geben lassen; es ist möglich, dafs sich die in den schlechten Wohnungen aufhaltende Bevölkerung vom Bevölkerungsdurchschnitt nicht wesentlich entfernt, vielleicht ist sie kinderreicher.

Legt man die Zahlen über den Aufbau der Gesamtbevölkerung[1]) zugrunde, so findet sich rund folgender Luftkubus, als Gesamtmittel:

| | |
|---|---|
| Wenn pro Kopf der Bevölkerung der Normalsatz gilt | = 10 cbm, |
| wenn auf Kinder vom 1.—5. Lebensjahr 3,3 cbm kommt | = 9,1 » |
| » » » » 1.—10. » 5 » » | = 8,8 » |
| » » » » 1.—14. » 5 » » | = 8,3 » |
| » nach dem Modus der Potsdamer Verordnung verfahren wird . . . . . . . . . . . . . . | 8,4 » |

*Der mittlere Luftkubus wird demnach in allen Fällen nicht unerheblich reduziert; man mufs aber bei Minimalwerten an sich immer etwas bedächtig sein mit Abstrichen, da solche schliefslich die Wertlosigkeit einer ganzen Mafsregel bedingen können.*

Die Berechtigung solcher Abstriche wird man nur beurteilen können, wenn man sich über die Bedeutung des 10cbm-Luftraums überhaupt im klaren ist. Dazu werden unsere obigen Untersuchungen ausreichendes Material bieten. Für den Erwachsenen ergeben sich, wie wir beweisen, nicht nur Unbequemlichkeiten, Störungen, sondern zeitweise eklatante Schädlichkeiten, speziell dort, wo so ein Raum dieser beschränkten Ausdehnung beleuchtet wird oder zu Arbeitszwecken dient.

Die Ersparnisse durch die Reduktion der 10 cbm sind also vom finanziellen Standpunkt nicht so grofs als man vielleicht vermuten konnte.

1) G. Mayer, Die Gesetzmäfsigkeit im Gesellschaftsleben, S. 148.

Digitized by Google

Auf welche Seite die Nachteile solcher Beschränkungen des Mindestluftraums fallen, wäre noch besonders zu erörtern, ferner auch der Umstand, ob den besonderen Werten für Halberwachsene und Kinder, wie sie vorgeschlagen worden sind, zufälligerweise eine innere Berechtigung zukommt.

Zur Lösung dieser Frage müssen wir einige Tatsachen vorausschicken.

Die innere Berechtigung der empirischen Annahme wird sich aus den Respirationsverhältnissen in erster Linie ableiten lassen; denn andere Beziehungen als diese lassen sich bei einer gegenseitigen Abschätzung ungleicher Gröfsen auf diesem Gebiete überhaupt nicht benützen.

Die Grundlagen für einen solchen Vergleich finden sich in nachfolgender Tabelle[1], in der die experimentellen Werte über Wasserdampfausscheidung und Kohlensäureausscheidung zu finden sind.

**Stundenwerte.**

| Alter | Gewicht in kg | Oberfläche in qcm | $CO_2$ g | $CO_2$ Liter | $H_2O$ g |
|---|---|---|---|---|---|
| Neugeboren | 3 | 2 558 | 3,8 | 1,9 | 6,8 |
| 1 Jahr | 9 | 5 324 | 8,5 | 4,2 | 14,1 |
| 5 Jahre | 16 | 7 808 | 15,1 | 7,5 | 21,4 |
| 10 » | 24 | 10 230 | 19,8 | 9,9 | 28,0 |
| — | 45 | 15 600 | 24,0 | 12,0 | 34,3 |
| — | 70 | 20 890 | 32,2 | 16,1 | 45,9 |
| — | 78 | 22 435 | 34,5 | 17,2 | 49,2 |

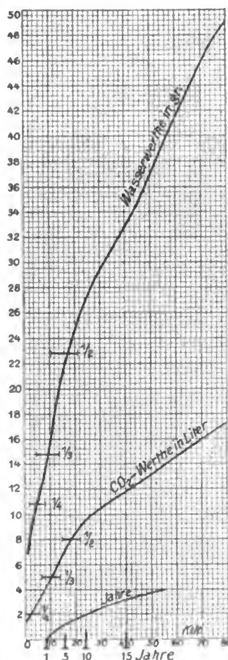


Fig. 4

Noch übersichtlicher gibt die Beziehungen zwischen Alter, Körpergewicht (männlich und weiblich im Mittel), Kohlensäure- und Wasserausscheidung die nebenstehende graphische Darstellung.

1) Entlehnt aus Rubner, Ernährung im Knabenalter.

Digitized by Google

Man kann aus der Tabelle für alle irgendwie in Betracht kommenden Werte bei mittlerer Temperatur, Ernährung und Ruhe die gesicherten Daten entnehmen. Die Werte für den tiefen Schlaf liegen, wie wir bemerken möchten, noch etwas unter diesen Gröfsen. Im Vergleich von Tag zu Nacht fand sich während der letzten, d. h. bei Schlafzeit 15—18 % weniger an $CO_2$-Ausscheidung; die obigen Werte sind Mittel aus Tag und Nacht, müssen also 7—9 % kleiner ausfallen, wenn man die Rechnung für die Nacht allein auszuführen hätte. Es mag hierauf verzichtet werden. Der Durchschnittsschlaf ist jedenfalls kein gleichheitlich tiefer und unter »Schlafzimmer« im praktischen Sinne ist nicht ein Zimmer zu verstehen, in welchem nur das stattfindet, was man vom physiologischen Standpunkt schlafen heifst. Wir korrigieren also nicht weiter an den direkt beobachteten Werten.

Da ein Exkurs auf die Bedürfnisse kleinster Wohnräume nicht so abliegt, so geben wir gleich die Möglichkeit zur Abschätzung der Grenzen der Respirationskonstante für die Fälle des praktischen Lebens bei Arbeit.

Soweit gewerbliche Arbeit mit in Betracht gezogen werden mufs, gibt sich nach unseren Untersuchungen folgendes Bild:

Es nimmt zu bei der Arbeit gegenüber dem Ruhezustand in %:

| | die Kohlensäure | der Wasserdampf |
|---|---|---|
| bei dem Handnähen | + 13 | 6 |
| » » Schreiber | 17 | — |
| » » Lithographen | 20 | 1 |
| » » Schneider | 22 | 24 |
| » » Maschinennähen | 37 | — |
| » » Zeichner | 41 | 1 |
| » einem Mechaniker | 44 | — |
| » dem Damenschuster | 47 | 114 |
| » » Herrenschuster | 80 | — |

Diese Zahlen haben nicht immer die richtige Deutung gefunden. Die Kohlensäure zeigt eine regelmäfsigere Änderung als die Wasserdampfausscheidung. Dies hängt damit zusammen, dafs die Ausscheidung der überschüssigen Wärme aus dem

Digitized by Google

Körper bald durch vermehrte Blutzirkulation bedingt sein kann bald durch die Verdunstung gedeckt wird. Welche Hilfsquelle gerade zu funktionieren hat, entscheidet Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Blutreichtum des Körpers und diese Bedingungen konnten naturgemäfs in den Experimenten nicht immer gleich erhalten werden. Somit haben wir bei den obigen Zahlen den Akzent auf den Kohlensäurezuwachs zu legen, dem entsprechend unter geeigneten Bedingungen die Wasserdampfabgabe wachsen wird.

Kehren wir jetzt zur anfänglich gestellten Frage zurück: Stehen die rein empirisch aufgestellten Sätze für den Luftkubus in irgendeinem rationellen Verhältnis zu den Respirationsverhältnissen der Personen, die sie befriedigen sollen?

Eine Folge aller Kürzungen für den Luftkubus der Kinder auf 5 cbm usw. ist ohne weiteres zu verstehen. — Der für den Erwachsenen verbleibende und zu berechnende Luftkubus mufs dadurch sich immer ungünstiger erweisen, weil dann, wenn wir bis zum 5. Jahr oder 10. Jahr ev. 15. Lebensjahr eine Kürzung vorschlagen, der Luftraum von 10 cbm nur mehr für Personen, die das angenommene Mittel von 45 kg Körpergewicht überschreiten. in Frage kommen kann. Wenn das Mittel der ganzen Bevölkerung zu 45 kg genommen wird, bedingt die besondere Berechnung der Kinder und Halberwachsenen eine Verschiebung des mittleren Gewichts der übrigen Personen bis 59 kg!

Die modifizierenden Vorschläge sind alle unter dem Gesichtspunkt gemacht, bei kinderreichen Familien den Luftraum »nicht zu überflüssig« und reichlich werden zu lassen. Das ist der Spezialfall, der bestimmend wurde, während die generellen Folgen nicht in Betracht gezogen wurden.

Indem man für die Kinder »Korrektionen« anbrachte, schädigt man damit die Erwachsenen, ohne dafs irgendein erheblicher Vorteil für die Gesamtaufwendungen, welche eine solche Reform kosten würde, erzielt wird. Das gibt der Sache also in der Tat ein anderes Gesicht. Sind aber 5 cbm für Kinder und Halberwachsene eine zutreffende Regelung?

Digitized by Google

Man kann sich durch eine übersichtliche Schätzung ein ganz zutreffendes Bild der Verhältnisse machen in folgender Weise:

Wenn wir den kleinsten Luftraum = 10 cbm im Gesamtmittel pro 45 kg Körpergewicht als richtigen Ausgangspunkt nehmen, so ist der Zustand der Luft derart, dafs nach 1 Stunde die ausgeatmete Kohlensäure[1]) rund um das 800fache mit anderer Luft verdünnt ist.

Kennt man also den Kohlensäuregehalt der Ausatmungsluft der einzelnen Altersklassen und multipliziert diese Zahl mit 800, so erhalten wir das rationelle Verhältnis eines gleichen Kohlensäuregehaltes des Mindestluftraums, mit anderen Worten die geichen hygienischen Verhältnisse. Nach der oben gegebenen Fig. 4 läfst sich im Mittel berechnen:

| | $CO_2$ in l pro Stunde | Rationelle Zahl cbm |
|---|---|---|
| 1—5jährige | 4,5 | 3,6 |
| 1—10 » | 6,1 | 4,9 |
| 1—15 » | 7,5 | 6,0 |
| 5—15 » | 9,5 | 7,6. |

Kein einziger Vorschlag, den man gemacht hat, trifft also auch unter Annahme des noch keineswegs befriedigenden Minderwertes von 10 cbm das Richtige. Für die 1—5jährigen 3,3 cbm zu wählen, bietet zu wenig, für die 5—15jährigen 6,6 cbm ist gleichfalls zu gering. für die 1—15jährigen 5 cbm bleibt ebenfalls hinter dem Bedürfnis zurück.

Aber es ist diese ganze Systematisierung prinzipiell falsch, weil sie nur bei den Kindern den Luftraum kürzt, aber bei den über 15jährigen nicht das Prinzip verfolgt, einen entsprechenden Ausgleich für das bedeutendere Luftbedürfnis der Erwachsenen zu bieten.

Will man also ein solches abstufendes System haben, dann müfste man für den Erwachsenen verschiedene Werte je nach dem Wortlaut einer Verordnung zugrunde legen, um diese Benach-

1) 10 cbm Luft enthalten 12,4—12,5 l $CO_2$ = die $CO_2 \times 800$ = 10 cbm.

Digitized by Google

teiligung der Erwachsenen auszugleichen also in entsprechenden Fällen den Luftraum auf 11 oder 12 cbm erhöhen.

Wenn man überhaupt die Kinder getrennt in Rechnung stellen will, so könnte man höchstens die 1—5jährigen mit $^1/_8$ in Rechnung ziehen und die übrigen mit dem vollen Werte; das scheint noch die befriedigendste Lösung innerhalb des Rahmens, wie er überhaupt zur Zeit Aussichten besitzt, in die Tat umgesetzt zu werden.

Es scheint uns angemessen, den Umstand noch zu betonen, dafs bei Kindern die Luftfeuchtigkeit rascher wächst als wenn Erwachsene anwesend sind, wie sich aus Fig. 4 leicht ersehen läfst. Auch die sonstigen Reinlichkeitszustände leiden besonders bei kleinen Kindern nicht unerheblich. Dafs dieser Umstand besonders geeignet erscheint, Reduktionen erheblicher Natur an dem Mindestluftraum vorzunehmen, dürfte kaum zu bejahen sein.

Eine 800fache Verdünnung der ausgeatmeten $CO_2$ wie sie dem 10 cbm-Luftraum entspricht, gibt für das Gesamtmittel (= 45 kg Mittelgewicht) (= 12,4 l $CO_2$) pro Stunde 272 l Atemluft (12,4 × 22) = 2,7% Atemluft der Mischung. (Ende der Stunde). Ungünstiger werden die Zahlen, wenn nur Erwachsene und kräftige Personen in Frage kommen. Bei solchen von 70 kg steigt der Gehalt an veratmeter Luft auf 3,4% am Ende einer Stunde.[1])

Alle diese Annahmen gelten nur für den Fall, dafs die Lufterneuerung pro Stunde eine einmalige ist, was nur unter günstigen Umständen, nicht aber allgemein zutrifft, und wenn aufserdem die Schlafräume mit Beleuchtungsgasen nicht belastet werden.

Der Schlafraum bleibt aber häufig auch benutzt, wenn nicht darin geschlafen wird — als Wohnraum; dies zu hindern, ist niemand in der Lage. Die Luftverhältnisse werden daher recht wesentlich von dem abweichen, was man als »Regel« hinstellt.

Eine Kritik des Mindestluftraums läfst sich, abgesehen von hygienischen Gründen des Luftverbrauchs, auch noch in anderer

1) Die $CO_2$-Werte der Luft zu Ende einer Stunde (nicht Mittel) wären inkl. $CO_2$-Gehalt der Luft aus dem Freien 1,54‰ — 3,7‰. Diese Werte sind 2—5mal so hoch als man sie sonst als Grenzwerte annimmt.



Digitized by Google

Weise ableiten, nämlich rücksichtlich des Mindestbedarfs an Wohngeräten.

Wir haben uns darüber eingehender orientiert und das Minimum des Bedarfs für mehrere Personen festgestellt, — nur so gewinnt man überhaupt die nötige Bodenfläche, sobald manche Dinge, wie ein Tisch und Schrank, für mehrere Personen zugleich als gemeinsam berechnet wird.

Nimmt man eine Wohnungshöhe von 2,80 im Lichten, so bleibt pro 1 Person ein Gesamtdurchschnitt von 10 cbm = 3,6 qm.

Für die Kinder ergaben sich folgende interessante Platznormierungen:

1—5 Jahre alt[1]) = 1,18 qm,
1—15 » »[2]) = 1,78 »

Bemifst man das gemeinsame Mobiliar auch noch so dürftig, und berechnet die nötige Platzfläche für eine Person, so kommt man unter 3 qm nicht wohl herab; es mufs aber schliefslich doch noch Platz zur Bewegung bleiben.

Von dem Raum für einen 15jährigen würde so gut wie alles von der Bettstelle — ähnlich für den 5jährigen — in Anspruch genommen. Zur Bewegung bliebe dabei kein Platz, auch wenn nicht gerade bei der ärmeren Bevölkerung die Gewohnheit und zum Teil Notwendigkeit bestünde, mancherlei Dinge im Schlafraum, der eben doch vielfach zugleich Wohnraum bleibt, aufzustapeln. Die Verkürzung des Mindestluftraums bei den Kindern führt also auch nach diesen Zusammenstellungen und Erwägungen zu unhaltbaren Zuständen. Mit ganz besonderem Nachdruck ist von dem einen von uns (Rubner) vor Jahren betont worden, dafs jede Verbesserung für die Minderbemittelten in erster Linie darauf hinausgehen müsse, jedem die eigene Lagerstätte zur Nachtruhe zu verschaffen. Diese Mafsregel ist hinsichtlich der Bekämpfung von Infektionskrankheiten von gröfster Bedeutung; sie ist es aber auch hinsichtlich der sonstigen Gesunderhaltung und in sittlicher Hinsicht. In dankens-

1) Körperlänge rund 1 m (99 cm).
2) Körperlänge rund 1,5 m.

Digitized by Google

werter Weise ist von verschiedenen Seiten dieser Umstand des Zusammenschlafens kranker Personen durch statistische Erhebungen näher beleuchtet worden. Wer für die dringende Reform dieser Angelegenheit eine geeignete Unterlage finden will, wird sie in den Berichten einiger Ortskrankenkassen finden.

Wird der Mindestluftraum es überhaupt ermöglichen, dafs das Prinzip »jedem Menschen sein eigenes Bett« regelmäfsig durchgeführt werde? Wir bezweifeln es. Denn der Platzmangel wird dort, wo beschränkende Bestimmungen hinsichtlich der Berechnung der Kinder durchgeführt werden, so grofs sein, dafs man schon um Raum zu gewinnen, auf das Zusammenschlafen der Kinder und Halberwachsenen zurückgreifen wird.

Kann man also auch bezüglich der Bodenfläche zweifelhaft sein, ob dieser Teil der Wohnungsreform sanitär befriedigendes leisten wird, so bleibt noch ein weiterer Umstand zu erwägen, der die Kleinheit des Luftkubus sehr fühlbar macht.

Wir haben schon erwähnt, die Lüftungsverhältnisse solcher kleiner Räume sind sehr ungünstig. Daher ist der eingeschlossene Luftvorrat, den man sonst nicht in Rechnung zieht, nicht mehr ganz ohne Bedeutung.

Im Hinblick hierauf ist der »Luftkubus« der Einrichtungsgegenstände, d. h. die Luftverdrängung oder Luftminderung immerhin eine beachtenswerte Gröfse, wir glauben sie pro Erwachsenen mit 1,5 cbm richtig zu schätzen. Das ist ein erheblicher Abzug bei 8—10 cbm an Luftraum überhaupt!

Immerhin würde die Festsetzung eines Mindestluftraums in den oben angegebenen Grenzen für eine nicht unerhebliche Zahl von Personen speziell in den Grofsstädten eine Verbesserung bedeuten, die aber nur als erster Schritt zur Bekämpfung unsanitären Wohnens betrachtet werden kann. Die Auswüchse des Wohnungswesens, die Kellerwohnungen und manche Arten von Dachwohnungen müssen aber dabei fallen.

---



Digitized by Google

# Über die Abnahme des Zitronensäuregehaltes der Milch beim Kochen.

Von

**Gust. Obermaier.**

(Aus der bakteriol. Untersuchungsstation des Garnisonslazarettes Würzburg.)

In den letzten Jahren wurde von den verschiedensten Seiten auf die Nachteile einer länger fortgesetzten Säuglingsernährung mit steriler Milch hingewiesen; insbesondere wurde die Entstehung der Barlowschen Krankheit in Zusammenhang mit der fortgesetzten Verabreichung gekochter Milch gebracht. Heubner[1]) beobachtete diese skorbutähnliche Erkrankung niemals bei Brustkindern, sondern nur bei künstlich ernährten, bei denen die Milch längere oder kürzere Zeit bis zum Sieden erhitzt worden war. Die Zahl der Erkrankungen häufte sich in der letzten Zeit immer mehr und zeitlich trifft diese Zunahme mit der Verbreitung des Soxhletapparates und gewisser Milchpräparate zusammen, die den Charakter eines frischen Nahrungsmittels verloren haben. Besonders häufig wurden diese Erkrankungen von Heubner und Hauser[2]) und anderen beobachtet bei Kindern aus besseren Kreisen, die sich besonders genau und gründlich mit der Ernährung der Kinder abgeben und in der Sterilisierung die

1) Heubner, Über die Barlowsche Krankheit. Berliner klin Wochenschrift, 1903, Nr. 13.

2) Hauser, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 13, S. 357.

Digitized by Google

Panacee aller künstlichen Ernährung sehen, bei denen also die Kinder eine besonders sorgsam und gründlich gekochte Milch erhalten; viel seltener sind sie bei Kindern aus niederen Ständen, die sich ohne Soxhlet mit einfachem Aufkochen begnügen. Dafs in der Erhitzung die Schädlichkeit gelegen sein mufste, die zur Erkrankung führte, geht aus der von Heubner u. a. gemachten Beobachtung hervor, dafs in allen Fällen der Ersatz der gekochten Nahrung durch möglichst kurz oder noch besser gar nicht gekochte Milch eine überraschend schnelle Besserung der Krankheit hervorbrachte und zwar um so deutlicher, je ausschliefslicher diese Ernährung war. Aufser der Milch gab Heubner mit gutem Erfolg täglich einige Teelöffel frisch ausgeprefsten Fleischsaftes, sowie Apfelsinen- oder Kirsch-, Himbeer-, Erdbeersaft aus dem rohen Material ausgeprefst. Öfters heilte die Krankheit auch bei weiterer Verabreichung von gekochter Milch, wenn auch langsamer, wenn nur andere nicht der Erhitzung ausgesetzte Nahrungsmittel nebenher gereicht wurden. Bei einzelnen der von Heubner beobachteten Fällen reichte sogar die einfache Abkochung der Milch, wie sie im Haushalt üblich, hin, um die krankhaften Veränderungen hervorzubringen; in der Mehrzahl der Fälle dürfte aber die Milch wohl 10 Minuten lang gekocht worden sein. Neumann[1]) beobachtete eine Zunahme der Barlowschen Krankheit in Berlin nach Einführung der Pasteurisierung der Milch in einer grofsen Meierei. Neuerdings wird von den gröfseren Milchgeschäften in den Grofsstädten aus Molkereirücksichten die Milch bereits pasteurisiert in die Städte geschickt, und Neumann beobachtete auffallend häufig die Barlowsche Krankheit bei Kindern, welche eine solche vor der Lieferung pasteurisierte und nachher noch einmal im Hause im Soxhlet oder mit Milchkocher mehr oder weniger lang gekochte Milch erhielten. Das Abkochen der Milch stellt demnach ein bedeutungsvolles ätiologisches Hilfsmoment für die Barlowsche Krankheit dar, wenngleich es nicht, wie Heubner mit Recht hervorhebt, als hinreichender Grund für das Zustandekommen der Erkrankung

1) Neumann, Deutsche med. Wochenschr., 1902, Nr. 35.

Digitized by Google

angesehen werden kann. Denn sonst würde es nicht zu verstehen sein, warum die Erkrankung erst jetzt in zunehmendem Maſse auftritt, während doch seit etwa 15 Jahren bereits Hunderte und Tausende von Kindern nach den Vorschriften von Soxhlet und noch zahlreichere vorher mit gekochter Milch ernährt wurden, ohne der Krankheit zu verfallen; auch ist der Prozentsatz der Erkrankenden unter den selbst mit recht lange gekochter Milch ernährten Kindern zu gering, um in diesem Umstand allein die Erklärung zu finden. Nach Heubner können wir vorerst nur annehmen, daſs die Milch durch das Kochen eine Einbuſse erleidet, die von den meisten Kindern durch die eigene Verdauungsarbeit in genügender Weise gedeckt wird, die aber ein Teil der Säuglinge nicht auszugleichen imstande ist. Die schon erwähnte Tatsache, daſs die Krankheit auch bei weiterer Verabreichung von gekochter Milch heilen kann, wenn andere nicht der Erhitzung ausgesetzte Nahrungsmittel nebenher gereicht werden, beweist, daſs die Ersatzstoffe nicht nur in der Milch, sondern auch in anderen, sogar vegetabilischen Nahrungsmitteln enthalten sein können.

Offenbar erleidet also die Milch durch das stärkere Erhitzen gewisse Veränderungen und Zersetzungen, über deren Natur wir in der neueren Zeit einige, wenn auch noch ungenügende Aufklärungen bekommen haben. Durch das längere Erhitzen der Milch wird ein Teil der Albumine ausgeschieden, die Fettkügelchen werden gröber, der Milchzucker karamelisiert, die Menge der löslichen Kalksalze verringert, aromatische Bestandteile und Fermente vernichtet und die Milchgase ausgetrieben. Nach Fleischmann[1]) verändern sich bei längerer Erhitzung der Milch auf 50° und darüber besonders die Mineralbestandteile und die Eiweiſskörper der Milch, sowie der Geruch, der Geschmack und die Farbe. Auf Zusatz verdünnter Säure scheidet sie kein grobflockiges, sondern ein feinflockiges breiiges Gerinnsel aus, büſst ihre Empfindlichkeit für Lab mehr und mehr, unter Umständen sogar völlig ein, nimmt den eigentümlichen Kochgeschmack an

1) Fleischmann, Lehrbuch der Milchwirtschaft, 3. Aufl., 1901, S. 29.

Digitized by Google

und färbt sich schwach gelblich oder gelblichbraun. Je stärker man die Milch innerhalb der durch 50° und 140° bestimmten Grenzen erhitzt, um so stärker treten die erwähnten Erscheinungen hervor und eine um so kürzere Zeit der Einwirkung der Wärme reicht hin, um eine bestimmte Wirkung zu erzeugen. Bei 70° bis 76° gerinnt Eiweifs und Globulin und bei längerem Erhitzen auf 130—140° kommt auch das Kasein zum Gerinnen und entsteht aus dem Milchzucker eine kleine Menge von Säure. Die Veränderung der Farbe erklärt sich daraus, dafs der Milchzucker in der Hitze einer schon bei ca. 80° beginnenden Zersetzung unterliegt, mit der die Abscheidung kleiner Mengen gelb- und braunfärbender Stoffe (Laktokaramel) verbunden ist. Durch längeres Erhitzen wird auch die Feinheit der Verteilung des Fettes in der Milch beeinträchtigt; die mikroskopischen Fettkügelchen schmelzen teilweise zusammen und vereinigen sich zu gröfseren, mit freiem Auge leicht sichtbaren Fettropfen.

Besonders eingehend wurde die Einwirkung der Erhitzung auf die Zusammensetzung der Eiweifskörper untersucht. Solomin[1]) beobachtete einen Rückgang des Gehalts der Eiweifsstoffe durch das Erhitzen auf etwa ein Drittel; bei Temperaturen von 130—140° wurde das Albumin und auch Kasein fast vollständig abgeschieden und gleichzeitig wurden etwa die Hälfte aller Aschenbestandteile von dem entstehenden Koagulum eingeschlossen. Auch Siedler[2]) beobachtete beim einmaligen Erhitzen der Milch ein Sinken des Albumins auf ein Drittel der ursprünglichen Menge in der rohen Milch; von da an wurde das Mischungsverhältnis von Kasein einerseits und Albumin und Globulin und stickstoffhaltiger Reststoffe anderseits nicht mehr so stark beeinflufst, wie dies beim einmaligen Aufkochen der Fall ist, indem von dem Albumin nur ein Teil gerinnt, aber selbst bei fortgesetztem Kochen nicht alles. Hotz[3]) beobachtete bei seinen

1) Solomin, Über die beim Erhitzen der Milch ausfallenden Eiweifsmengen. Archiv f. Hygiene, Bd. 28, 1897.

2) Siedler, Untersuchungen über die gebräuchlichsten in der Schweiz hergestellten Milchpräparate usw. Archiv f. Hygiene, Bd. 47, 1903.

3) Hotz, siehe später.

Digitized by Google

Versuchen eine Veränderung des Kaseins beim Kochen und zwar wird hierbei das Eiweifsmolekül in einen labilen Zustand übergeführt, wodurch es leichter in seine Spaltungsprodukte zerfällt. Auch das Lecithin, welchem neuerdings wegen der leichten Resorbierbarkeit eine grofse Bedeutung beigelegt wird und von dem die Frauenmilch nach Stocklasa[1]) 1,70—1,86 ‰, die Kuhmilch dagegen nur 0,90 — 1,13 ‰ enthält, wird durch die Erhitzung ziemlich bedeutend verringert. Nach Bodas und Razkowski[2]) enthielt eine von ihnen untersuchte Kuhmilch 252 mg Lecithin pro Liter. Wurde die Milch während 30 Minuten über freiem Feuer auf 60° gehalten, so ging der Lecithingehalt auf 216 mg (= 14% Verlust), während 30 Minuten bei 80—95° auf 180 mg (= 28% Verlust) zurück; bei Erwärmung im Autoklaven auf 105—110° stieg der Verlust auf 30% des gesamten Lecithins, beim Erhitzen im Wasserbade auf 95°, hingegen war der Verlust 12% geringer, weshalb die Autoren die Erhitzung im Wasserbade empfehlen.

Auch die Salze der Milch gehen beim Erhitzen eine Veränderung ein. So beobachtete Söldner[3]) eine Verminderung des gelösten Kalkes und der gelösten Phosphorsäure und eine gleichzeitige Vermehrung des suspendierten unlöslichen Kalziumphosphates. Die löslichen Kalksalze der frischen Milch gehen also in unlösliche Verbindungen über, was zur Folge hat, dafs die Milch mehr oder minder labträg wird, und dafs das auf Zusatz von Säuren entstehende Gerinnsel eine auffallend lockere Beschaffenheit gewinnt. Wie Silberschmidt[4]) zeigte, kommt es zwar bei einer zu lang gekochten oder zu hoch erhitzten Milch zur Gerinnung im Magen, allein diese Gerinnung erfordert eine erhöhte Säurebildung und nimmt die chemischen Leistungen des Magens in erhöhtem Mafse in Anspruch. Neben diesen Ver-

1) Stocklasa, Zur Kenntnis des Phosphors in der Frauen- und Kuhmilch. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 23.

2) Bodas und Razkowski, La semaine medicale, zitiert nach Siedler (a. a. O.), 1903.

3) Söldner, Die Salze der Milch. Dissertat., Erlangen, 1888.

4) Silberschmidt, Über den Einflufs der Erwärmung auf die Gerinnung der Kuhmilch. Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 27—28.

Digitized by Google

änderungen im Gehalt der Eiweifskörper, der Fette, Kohlehydrate und der Mineralbestandteile wurden auch Veränderungen physikalischer Natur unter dem Einflusse des Kochens nachgewiesen. So fand Hotz[1]) eine Beeinflussung der Leitfähigkeit und Gefrierpunktserniedrigung der Milch durch den Kochprozefs und zwar eine Abnahme, die mit der Dauer des Kochens zunahm. Nach Hotz findet durch das Kochen der Milch ein Verlust nicht nur an osmotisch wirksamen Molekülen, sondern auch an Jonen statt; es müssen also lösliche Salze in unlösliche übergehen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den eben erwähnten Beobachtungen von Söldner über die Veränderungen der Kalksalze der Milch beim Kochen.

Einen weiteren Beweis für die Veränderungen der Milch beim Erhitzen geben die Laktoserumversuche von Wassermann: Bei subkutaner Injektion von roher Milch erhält nach Bordet das Serum von Kaninchen die Eigenschaft, die Eiweifskörper der Milch auszufällen; durch starkes Erhitzen der Milch geht aber diese Eigenschaft, wie Wassermann[2]) zeigte, verloren. Nach Ritter[3]) tritt das Versagen der Reaktion verschieden schnell und oft erst nach mehr als halbstündigem Kochen ein, besonders früh beim Hinzukommen von Druck. Ferner werden gewisse Fermente und fermentartige Körper der rohen Milch, welche für die Verdaulichkeit der Milch wahrscheinlich eine gewisse Bedeutung haben (Moro), durch das Erhitzen zerstört.

Wie eine Reihe von Untersuchungen zeigte, ist die Resorption der gekochten Milch im Säuglingsorganismus eine schlechtere als die von roher Milch. So leidet die Kalkresorption und -retention bei manchen Säuglingen, wenn sie mit lang gekochter Milch genährt werden. Nach Stoffwechselversuchen, welche Müller und Kronheim[4]) an Säuglingen anstellten, wird der Kalk der sterilisierten Milch ebensogut resorbiert, aber schlechter angesetzt als

1) Hotz, Physikalisch-chemische Untersuchungen über Kuhmilch. Jahrbuch für Kinderheilkunde, Bd. 58, 1903.

2) Wassermann, Münchner med. Wochenschr., 1900.

3) Ritter, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 16, S. 374.

4) Müller und Kronheim, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 19, S. 444.

Digitized by Google

der der rohen Milch. Die Verdaulichkeit und die Assimilation der Eiweifskörper, der Fette, des Phosphors und der Kohlehydrate leidet dagegen, wie Bendix u. a. fanden, durch die Sterilisation nicht. G. Klemperer[1]) fand bei vergleichenden Verdauungsversuchen mit roher und gekochter Milch, dafs die Verdauungsfermente die rohe Milch stärker angreifen als die gekochte Milch. Die resorbierbare Stickstoffmenge ist bei der rohen Milch gröfser als bei der gekochten, während anderseits der resorbierbare Ammoniak, die schädliche Substanz, in der gekochten Milch bedeutend gröfser ist als in der rohen. Bei einem dauernd mit gekochter Milch ernährten Kinde wird also eine Eiweifsunterernährung eintreten, aufserdem aber müssen sich Giftwirkungen infolge der gröfseren Mengen Ammoniaks geltend machen.

Bei den skorbutähnlichen Erscheinungen, welche die Barlowsche Krankheit zeigt, schien es von Interesse, das Verhalten eines Stoffes der Milch beim Kochen zu untersuchen, nämlich die Zitronensäure. Die Zitronensäure hat ja beim Skorbut eine aufserordentlich günstige therapeutische Wirkung. Wie erwähnt, hatte Heubner bei der Barlowschen Krankheit günstige Erfolge nicht nur bei Verabreichung von roher Milch, sondern auch bei weiterer Verabreichung von gekochter Milch, wenn nebenbei andere, nicht der Erhitzung ausgesetzte Nahrungsmittel, namentlich frischer Obstsaft, gegeben wurden. Da diese Obstsäfte Zitronensäure enthalten, bestimmte ich den Zitronensäuregehalt der Milch in ungekochter und gekochter Milch. Wie Henkel[2]) zuerst zeigte, enthält die Milch nicht unbedeutende Mengen von Zitronensäure ($CH_2 \cdot COOH - COH \cdot COOH - CH_2 \cdot COOH$) als ständigen Bestandteil, welche darin als Kalziumzitrat gelöst ist. Ob neben ihr auch andere bis jetzt nicht entdeckte organische Säuren in der Milch vorhanden sind, läfst sich nicht sicher sagen. Die Menge der Zitronensäure beträgt in der Kuhmilch nach

1) Klemperer, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 13, S. 307.

2) Scheibe und Henkel, Münchner med. Wochenschr., 1888, Nr. 19. — Henkel, Zitronensäure als normaler Bestandteil der Kuhmilch. Landwirtschaftl. Versuchsstationen, Bd. 39, 1891, S. 143.

Digitized by Google

Scheibe[1]) im Mittel 0,18%, nach Söldner[2]) 0,25%, demnach im Liter 1,8—2,5 g Zitronensäure, eine recht beträchtliche Menge. Der Zitronensäuregehalt in der Kuhmilch unterliegt ziemlich weiten Schwankungen, die nicht durch die Fütterungsweise bedingt sind. Allem Anscheine nach stammt die Zitronensäure nicht aus der vegetabilischen Nahrung, sondern wird, wie das Kasein, das Laktalbumin und der Milchzucker in der Milchdrüse selbst gebildet. Ebenso wie Kuhmilch enthält auch die Ziegenmilch und die Frauenmilch regelmäfsig Zitronensäure, die Frauenmilch allerdings nur in geringer Menge (im Mittel 0,055%). Nach Scheibe verschwindet die Zitronensäure aus der Milch der Pflanzenfresser nicht, auch wenn man die Tiere mit zitronensäurefreiem Futter ernährt oder längere Zeit hungern läfst.

Auf Veranlassung von Herrn Stabsarzt Prof. Dr. Dieudonné machte ich eine Reihe von Versuchen über das Verhalten der Zitronensäure in verschieden lang gekochter Milch. Zur quantitativen Bestimmung der Zitronensäure wurde die von Scheibe (a. a. O.) angegebene Methode benutzt.

Scheibe scheidet durch Zusatz von 4 ccm $2^1/_2$ N-Schwefelsäure zu 400 ccm Vollmilch und Aufkochen das Milchserum von den übrigen Bestandteilen der Milch, läfst nach Zusatz von ca. 10 g spanischer Klärerde nochmals aufkochen, ergänzt kalt auf 500 ccm und filtriert eventuell unter erneutem Zusatz von Klärerde solange, bis keine Opaleszenz mehr im Serum sich zeigt. Durch den Säurezusatz wird zugleich die Zitronensäure aus dem Kalksalze frei gemacht und geht in Lösung, während der Kalk als Kalziumsulfat sich ausscheidet. 100 ccm des erhaltenen Serums (entsprechend 80 ccm Milch) werden nun zur Bindung der überschüssigen Schwefelsäure mit soviel titriertem Barytwasser versetzt, dafs sämtliche Schwefelsäure unbedingt neutralisiert ist, d. h. soviel als 0,8 ccm $2^1/_2$ N-Schwefelsäure entspricht; dadurch wird auch die Zitronensäure an das Baryum gebunden, wodurch allenfallsigen Zersetzungen bei dem nun stattfindenden Eindampfen

1) Scheibe, Landwirtschaftl. Versuchsstationen, Bd. 39, 1891, S. 162.

2) Söldner, Die Salze der Milch und ihre Beziehungen zu dem Verhalten des Kaseins. Landwirtschaftl. Versuchsstationen, 1888, 35, 361.

Digitized by Google

vorgebeugt wird. Den eingedampften Sirup versetzt man noch heifs mit 3,2 ccm $2^1/_2$ N-Schwefelsäure, um die Zitronensäure wieder in Freiheit zu setzen, die dann durch öfteres Auslaugen mit einer Ätheralkoholmischung dem sich ausscheidenden Milchzucker quantitativ entzogen und abfiltriert wird. Im klaren Filtrate scheidet man dann durch Zusatz von überschüssigem alkoholischem Ammoniak die Zitronensäure als Ammoniumtrizitrat aus, destilliert die Flüssigkeit bis auf einen Rückstand von ca. 20 ccm ab, gibt 60 ccm absoluten Alkohol zu, kocht im Wasserbad auf und fällt heifs durch Zusatz 10 ccm alkoholischen Ammoniaks abermals. Nach mehreren Stunden ist das Ammoniumtrizitrat fest am Boden auskristallisiert, sodafs sich die überstehende Flüssigkeit klar abgiefsen läfst. Die Kristalle löst man in ca. 30 ccm Wasser und kocht über freiem Feuer, um sämtlichen Alkohol zu verjagen. In dieser Form wird nun die Zitronensäure oxydimetrisch bestimmt. Zur erkalteten Flüssigkeit gibt man zunächst 25 ccm Kaliumdichromatlösung (46,1 g : 1000) und 20 ccm Schwefelsäure und erhitzt über ganz kleiner Flamme. Nach ungefähr $^1/_4$ stündigem Erhitzen ist die Oxydation beendet. Nun bestimmt man die nicht reduzierte Chromsäure durch Zusatz von 50 ccm (Überschufs) einer auf die Kaliumdichromatlösung eingestellten Ferroammoniumsulfatlösung (150 g Ferr. ammon. sulfuric. puriss. Merk + 100 ccm Schwefelsäure : 1000). Den Überschufs dieser Lösung titriert man mit der Kaliumdichromatlösung zurück, bis die nach vorherigem Zusatz von Ferricyankali blaue Lösung eine schön grüne Farbe zeigt, ein Übergang, der bei einiger Übung sehr gut zu sehen ist. 1 ccm der Kaliumdichromatlösung oxydiert 0,0102 g Zitronensäure.

Bei den nachfolgenden Versuchen wurde zunächst in der ungekochten Milch die Zitronensäure bestimmt, dann in der 5, 10, 15, 30 und 60 Minuten lang über offenem Feuer gekochten und wieder erkalteten Milch, ohne deren Volumen auf das ursprüngliche zu ergänzen, was ja auch in der Praxis nicht geschieht. Aufserdem wurden noch Versuche mit Milch ausgeführt, die im Wasserbade teils auf 75° (pasteurisiert), teils 30—60 Min. auf 100° (sterilisiert), teils auf 120° (im Autoklaven) erhitzt wurde.

Digitized by Google

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigen nachstehende Tabellen:

Tabelle I.

**Auf offenem Feuer auf 100° erhitzte Milch.**

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen pro Liter in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 25. V. 03 | Ungekocht | 0,16626 | 2,07825 | — | — |
| | 5 Min. | 0,12648 | 1,581 | 0,49725 | 23,92 |
| 3. VI. 03 | Ungekocht | 0,13772 | 1,7215 | — | — |
| | 5 Min. | 0,09384 | 1,173 | 0,5485 | 31,86 |
| 9. VI. 03 | Ungekocht | 0,14382 | 1,7977 | — | — |
| | 5 Min. | 0,12546 | 1,5682 | 0,2295 | 12,209 |
| | 10 Min. | 0,1224 | 1,530 | 0,2677 | 14,89 |
| | 15 Min. | 0,10098 | 1,26225 | 0,5355 | 29,78 |
| 13. VI. 03 | Ungekocht | 0,1530 | 1,9125 | — | — |
| | 15 Min. | 0,14484 | 1,815 | 0,0975 | 5,098 |
| | 30 Min. | 0,18462* | 2,3077 | + | + |
| 15. VI. 03 | Ungekocht | 0,14178 | 1,7722 | — | — |
| | 15 Min. | 0,12954 | 1,6192 | 0,153 | 8,63 |
| | 30 Min. | 0,15504* | 1,938 | + | + |
| 17. VI. 03 | Ungekocht | 0,15504 | 1,938 | — | — |
| | 30 Min. | 0,16114* | 2,0145 | + | + |
| | 60 Min. | 0,17136* | 2,142 | + | + |

* Die scheinbare Zunahme erklärt sich durch die beim längeren Kochen erfolgende Konzentration der Milch infolge Wasserverdunstung.

Tabelle II.

**Im Wasserbade erhitzte Milch.**

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen pro Liter in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 14. VII. 03 | Ungekocht | 0,1479 | 1,8487 | — | — |
| | 15 Min. bei 75° | 0,14178 | 1,7722 | 0,0765 | 4,13 |
| | 30 Min. bei 75° | 0,1428* | 1,785 | 0,0637 | 3,44 |

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tabelle II.)

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen pro Liter in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 17. VII. 03 | Ungekocht | 0,10302 | 1,2877 | — | — |
| | 15 Min. bei 75° | 0,09792 | 1,224 | 0,0637 | 3,44 |
| | 30 Min. bei 75° | 0,10914* | 1,3643 | + | + |
| 21. VII. 03 | Ungekocht | 0,1479 | 1,8487 | — | — |
| | 30 Min. bei 100° | 0,12036 | 1,5045 | 0,3442 | 18,61 |
| | 60 Min. bei 100° | 0,12138* | 1,5172 | 0,3315 | 17,93 |
| 30. VII. 03 | Ungekocht | 0,13872 | 1,734 | — | — |
| | 30 Min. bei 100° | 0,0969 | 1,2112 | 0,5228 | 30,15 |
| | 60 Min. bei 100° | 0,0979* | 1,224 | 0,510 | 29,41 |

* Siehe Tabelle I.

Tabelle III.

**Im Autoklaven bei 120° erhitzte Milch, verglichen mit sterilisierter (100°) Milch.**

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 15. IX. 03 | Ungekocht | 0,1479 | 1,8487 | — | — |
| | 15 Min. bei 100° | 0,1264 | 1,581 | 0,2676 | 14,47 |
| | 15 Min. bei 120° | 0,1156 | 1,4407 | 0,408 | 22,07 |

Die Versuche bestätigen also zunächst die bereits von Scheibe festgestellte Tatsache, dafs der Gehalt der Kuhmilch an Zitronensäure erheblichen Schwankungen (1,2211—2,078 g) unterworfen ist. Weiter aber zeigen sie, dafs die Zitronensäure durch Kochen eine nicht unbeträchtliche Verminderung erfährt, wie nachstehende Tabellen nochmals in übersichtlicher Form zeigen:

Tabelle IV.

**Über freiem Feuer auf 100° erhitzte Milch.**

| Dauer der Erhitzung | 5 Min. | 10 Min. | 15 Min. | 30—60 Min. |
|---|---|---|---|---|
| Abnahme in % | 12,29—31,86 | 14,89 | 5,098—29,78 | Scheinbare Zunahme durch Wasserverdunst. |

Tabelle V.

**Im Wasserbade erhitzte Milch.**

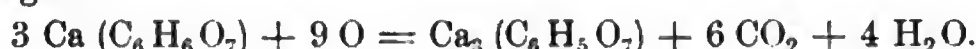
| Dauer der Erhitzung | 15 Min. bei 75° | 30 Min. bei 75° | 60 Min. bei 75° | 30 Min. bei 100° | 60 Min. bei 100° |
|---|---|---|---|---|---|
| Abnahme in % | 4,13 | 3,44 | Zunahme | 18,61—30,15 | 17,93—29,41 |

Die gröfste Abnahme der Zitronensäure erfolgt demnach beim Erhitzen auf offenem Feuer auf 100°. Beim 5 Minuten langen Kochen traten Verluste bis zu 31,86% ein, während bei noch längerem Kochen auch unter Berücksichtigung des verdampfenden Wassers eine wesentliche Vergröfserung des Verlustes nicht mehr beobachtet wurde. Wie ein Versuch zeigte, bei dem das verdampfende Wasser während des Erhitzens wieder ergänzt wurde, war die Abnahme bei längerem Erhitzen bis zu 1 Stunde nicht wesentlich höher. Bei dem Erhitzen im Wasserbade war die Abnahme der Zitronensäure wesentlich geringer als beim Erhitzen auf offenem Feuer. Bei 75° betrug sie nur 4,13 bei 15 Minuten langer Einwirkung und 3,44% bei 30 Minuten langer Einwirkung; bei 100° betrug die Abnahme 18,61—30,15% bei 30 Minuten und 17,93—29,41% bei 60 Minuten langem Erhitzen. Bei einer im Autoklaven auf 120° erhitzten Milch betrug die Abnahme bei 15 Minuten 22,07%, die Abnahme bei gleichlangem Erhitzen im Wasserbade auf 100° nur 14,47%.

Von gröfstem Interesse ist die Frage, wie die Abnahme der Zitronensäure beim Kochen der Milch zu erklären ist. Für die Phosphorsäure wurde von Solomin festgestellt, dafs beim Erhitzen auf 140° mit dem dabei sich abscheidenden Koagulum fast sämtliche organisch und an Kalzium gebundene Phosphorsäure mitgefällt wird. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs es sich ähnlich mit der Zitronensäure verhält. Henkel fand in der kondensierten Milch, namentlich in der ohne Zuckerzusatz kondensierten und sterilisierten (präservierten) Milch häufig Konkretionen oder voluminöse Niederschläge, die fast aus reinem zitronensaurem Kalk (Kalziumtrizitrat = $Ca_3\,[C_6H_5O_7]$) bestanden. Einige Wahrscheinlichkeit besitzt vielleicht die Annahme, dafs

Digitized by Google

die Zitronensäure in der frischen Milch als wasserlösliches, saures Kalziumsalz, als Kalziumbizitrat ($CaC_6H_6O_7 \cdot H_2O$) vorhanden sei, das beim Kochen infolge von Oxydation nach folgender Gleichung in das schwerlösliche und schwerer resorbierbare Kalziumtrizitrat übergeht:



$$3\,Ca\,(C_6H_6O_7) + 9\,O = Ca_3\,(C_6H_5O_7) + 6\,CO_2 + 4\,H_2O.$$

Zu einer ähnlichen Schlufsfolgerung allgemeiner Natur kommt auch Kirsten[1]), wenn er am Schlusse seiner Arbeit sagt: »Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, dafs auch die sauren Salze der Milch, welche in der Hauptsache die Säurereaktion der Milch bedingen, insofern an der Abnahme daran mitbeteiligt sind, als sie beim Erhitzen eine chemische Veränderung erleiden. Ob und in welcher Weise solche Veränderungen bei den sauer reagierenden Verbindungen der Milch infolge des Erhitzens stattfinden, ist vorläufig noch eine offene Frage«. Es wurden zwar verschiedene Versuche in dieser Richtung angestellt, die aber vorläufig zu keinem endgültigen Resultate führten. Aus den vorstehenden Zitronensäurebestimmungen geht aber hervor, dafs bei einer Erhitzung auf 75—80° der Zitronensäuregehalt der Milch verhältnismäfsig wenig abnimmt, während er bei Temperaturen von 100° und im Autoklaven auf 120° eine weit beträchtlichere Verminderung erleidet. Es verhält sich also mit der Zitronensäure so, wie mit den übrigen chemischen Substanzen, welche auch bei der Erhitzung der Milch auf 75° geringere Veränderungen erleiden. So fanden von Freudenreich[2]) und Conradi[3]), dafs die ½stündige Erhitzung bis zu 70° keine Veränderung der Labungsfähigkeit der Milch im Vergleich mit der Norm herbeiführt, dafs dagegen eine Erhitzung über 80° den Vorgang der Labfällung hinausschiebt und den normalen Koagulationspunkt der Milch bei Gegenwart von Kalzium und verwandten Salzen um 8—12° herabdrückt. Durch die Erhitzung über 80° wird

1) Kirsten, Untersuchungen über die Abnahme des Säuregrades der Milch. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel.

2) Freudenreich, Centralbl. f. Bakteriol., Abt. II, Bd. 4, 1898.

3) Conradi, Über den Einflufs erhöhter Temperaturen auf das Kasein der Milch. Münchner med. Wochenschr., 1900.

Digitized by Google

also sicher eine dauernde chemische oder physikalische Veränderung der Milch bewirkt, welche bei fortdauernder Verwendung für den Säugling wohl nicht ohne Bedeutung sein kann. Mit Recht hebt Conradi hervor, dafs man, wenn die Folgen einer zu hochgetriebenen Erhitzung der Milch klargelegt sind, Mittel und Wege suchen mufs, um die resultierenden Schädlichkeiten zu beseitigen. »Vorderhand dürfte es sich empfehlen, zwecks Vernichtung der Bakterien und ihrer Dauerform von vornherein nur solche Temperaturgrade anzuwenden, welche die angestrebte Bakterienfreiheit nicht auf Kosten der physiologischen Zusammensetzung der Milch, vielmehr unter Erhaltung ihres Normalzustandes zu erzielen sucht.«



Digitized by Google

# Über die Rolle des Shiga-Bazillus als Erreger der Dysenterie.

## Experimentelle Untersuchung

von

**G. N. Kazarinow,**

Kais. Ruß. Stabsarzt.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin. Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Rubner.)

Während es bei der Amöbenform der Dysenterie verhältnismäfsig leicht gelang, bei Katzen durch Einführung per os oder per rectum von Fäces dysenteriekranker Personen oder von Eiter, der den Leberabszessen entnommen war, typische klinische Krankheitserscheinungen mit manchen dem Krankheitsprozefs eigentümlichen Veränderungen im Darmkanal hervorzurufen, haben die mit den Dysenteriebazillen angestellten Tierversuche ein befriedigendes Resultat bisher nicht ergeben.

Shiga erzielte bei jungen Katzen und Hunden, denen in den Magen eine Agarkultur eingeführt wurde, nur schleimige Entleerungen, aus denen er wiederum seinen Bazillus isolieren konnte. Bei der Sektion fanden sich nur Hyperämie und einige Blutergüsse im oberen Teil des Dünndarms. Die Schleimhaut des übrigen Teiles des Dünndarms und auch des Dickdarms war unverändert. Die übrigen Tiere, die als Versuchsobjekte gedient haben, wie z. B. Katzen, Hunde, Meerschweinchen, Kaninchen und Tauben, haben auf die Einführung von Kulturen dieses Bazillus entweder gar nicht oder nur mit rasch vorübergehender Schwäche und Abmagerung reagiert.

Digitized by Google

Conradi hat bei der Einführung von Bazillen oder dysenterischen Entleerungen per os bzw. per rectum bei den Versuchstieren gleichfalls keine positiven Resultate zu erzielen vermocht.

Ganz andere Resultate erzielt man, wenn man den Infektionsstoff (Kulturen) unter die Haut, in eine Vene oder in das Peritoneum des Tieres einführt. Hierbei genügen 0,0001 mg Reinkultur, um, einem Kaninchen intravenös eingeführt, bei demselben Diarrhöe (ohne Blut), Paralyse zunächst der hinteren und dann der vorderen Extremitäten und Tod innerhalb einiger Tage herbeizuführen.

Shiga hat, indem er Kaninchen 0,002 mg Reinkultur subkutan injizierte, den Tod der Tiere nach 3 Tagen unter hochgradiger Abmagerung derselben beobachtet. Meerschweinchen reagieren nicht so heftig. Lentz hat, indem er einem kräftigen Kaninchen 0,001 mg bzw. einem Meerschweinchen 0,002 mg toter Kultur injizierte, den Tod des Versuchstieres innerhalb 1—3 Tagen unter Erscheinungen von Diarrhöe (ohne Blut) und Abmagerung beobachtet. Bei der Sektion der zugrunde gegangenen Tiere fand man auf der Schleimhaut keine der Dysenterie eigentümlichen Veränderungen.

Neuerdings berichten Vaillard und Dopter über positive Resultate, welche sie durch subkutane Einführung von Kulturen des Dysenteriebazillus, der bei Gelegenheit der Epidemie zu Vincennes aus den Entleerungen der Kranken isoliert wurde, bei Kaninchen, Hunden und Ferkeln erzielt haben. Leider machen diese Autoren keine Angaben über die Quantität des zur Injektion verwendeten Materials. Das klinische Bild gestaltet sich folgendermafsen: Die Temperatur stieg nach der Injektion um $1—1^1/_2{}^0$; an der Injektionsstelle trat eine harte Geschwulst auf; hierauf stellte sich mit heftigem Stuhldrang einhergehende Diarrhöe ein, wobei die Fäces Blutbeimischungen aufwiesen. Der Tod trat am 3.—6. Tage bei einer Körpertemperatur von $34^0$ ein. Die makroskopische Untersuchung des Darms ergab: Ödem, Hyperämie und Verdickung der Dickdarmschleimhaut, diffuse oder zirkumskripte Blutergüsse; an den Schleimhautfalten waren stellenweise nekrotische Herde in Form von linsenartigen Flecken



Digitized by Google

von leicht grauer oder gelblicher Farbe, an den Stellen der Blutergüsse kleine seichte Geschwüre zu sehen; im Dünndarm bestanden Hyperämie und Infiltration der Schleimschicht. Das histologische Bild entsprach demjenigen der Dysenterie beim Menschen und ging mit dem makroskopischen Bilde konform. Die Toxine dieses Bazillus sind für Tiere in einer Quantität von 1,5—2 ccm bei subkutaner Injektion verderblich und erzeugen fast dieselben pathologischen Veränderungen.

Herr Privatdozent Dr. M. Ficker machte mir den Vorschlag, eine Reihe Fütterungsexperimente mit Dysenteriebazillen unter variablen Bedingungen anzustellen, um bei den Versuchstieren eventuell klinische Symptome und pathologische Veränderungen im Darm, die der Dysenterie des Menschen eigentümlich sind, hervorzurufen. Dabei sollte eine im Laboratorium vorrätige Shiga-Kultur Verwendung finden, deren Virulenz vorerst für die Gattung der zu benutzenden Versuchstiere auf eine möglichst hohe Stufe zu bringen war. Diesem Zwecke sollte die Methode der einfachen Tierpassage dienen oder aber es sollte versucht werden, ob nicht auf dem von Wilde[1]) betretenem Wege der Komplementbindung, z. B. durch gleichzeitige Einverleibung von Saprophyten, eine solche Virulenz zu erhalten war, durch welche bei Einverleibung der Kultur per os der natürliche Infektionsvorgang nachgeahmt werden konnte. Eventuell sollten, wenn auch gegenüber solcher Kultur die Versuchstiere sich als resistent erwiesen, die schon von Koch[2]) bei Tierversuchen mit Choleravibrionen mit Erfolg angewandten Mafsnahmen — Neutralisierung des Magensaftes, Ruhigstellung der Peristaltik — herangezogen werden.

Zur Prüfung der Kulturen, die bei der jeweiligen Tierpassage gewonnen wurden, bediente ich mich stets der Agglutinationsreaktion.

Zu diesem Zwecke wählte ich ein Kaninchen, dem 4 Monate lang (vom Dezember bis Ende April des lfd. Jrs.) in demselben

1) Wilde, H., Über die Beeinflussung der Alexinwirkung durch Absorption. Archiv f. Hygiene, Bd. 44, S. 1.

2) Koch, Konferenz zur Erörterung der Cholerafrage. Berliner klin. Wochenschr., 1885, Nr. 37, S. 6.

Digitized by Google

Laboratorium von Dr. Dombrowski eine Reihe subkutaner Injektionen einer Agarkultur des Shiga-Bazillus unter allmählicher Steigerung der Quantität derselben von 0,1 bis zu einer ganzen Kultur gemacht worden waren. Das Agglutinationsvermögen des Serums dieses Tieres konnte makroskopisch bis 1 : 30 und mikroskopisch bis 1 : 100 nachgewiesen werden. Anfang Juni machte ich demselben Kaninchen mit 8tägiger Zwischenpause zwei subkutane Injektionen von je einer Agarkultur zu je 5 ccm Bouillon. Diese Mischung wurde eine Stunde lang bis zu 60° erhitzt. Der Allgemeinzustand des Tieres war ein ziemlich guter, das Agglutinationsvermögen stieg makroskopisch bis 1 : 50 und mikroskopisch bis 1 : 150. Für die Zwecke meiner Arbeit gebrauchte ich stets eine Verdünnung von 1 : 50, welche sowohl mikroskopisch wie auch makroskopisch sehr gute Resultate ergab. Die Identität der schliefslich erhaltenen stark virulenten Kultur wurde aufserdem durch Herrn Dr. Ficker mittels Agglutination mit hochwertigem Ruhrserum einer Ziege festgestellt.

Als Versuchsobjekte gebrauchte ich bei meinen Experimenten zunächst junge, einige Wochen alte Kaninchen und Meerschweinchen; diese letzteren habe ich jedoch alsbald ausgeschlossen, weil sie weit schlechter als Kaninchen auf die Impfungen reagiert haben.

Die ursprüngliche und intraabdominale Injektion von 0,002 g einer 20stündigen Agarkultur des Shiga-Bazillus blieb bei dem betreffenden Kaninchen ohne jegliches Resultat: Das Tier zeigte zwar Symptome von Schwäche und frafs mangelhaft, blieb aber am Leben. Intraabdominale Injektionen von 0,003 und 0,004 g haben sich als verderblicher erwiesen, und die betreffenden Versuchstiere gingen am 5.—6. Tage zugrunde. Das der Bauchhöhle entnommene Exsudat erwies sich als steril: weder im hängenden Tropfen noch bei Anlegung von Kulturen auf Bouillon, Gelatine und Agar haben Bakterien nachgewiesen werden können. Bei einer Injektion von 0,006 g gingen Kaninchen in 2 Tagen unter Erscheinungen von Schleimdiarrhöe (ohne Blut) zugrunde. Das Exsudat der Bauchhöhle ergab im hängenden Tropfen

Digitized by Google

zahlreiche Bazillen; die Aussaat auf Gelatine und Petrischalen ergab Shiga-Bazillen in Reinkultur, die nach Übertragung auf Agar deutliche Agglutination bei einer Verdünnung von 1 : 50 gab. Sämtliche weiteren Impfungen machte ich gleichfalls in die Bauchhöhle. Vom letzten Kaninchen machte ich die nachfolgenden Überimpfungen parallel auf zweierlei Weise: 1. durch unmittelbare Überimpfung des aus der Bauchhöhle des zugrunde gegangenen Kaninchens gewonnenen Exsudats auf ein anderes Kaninchen in einer Quantität von 0,1—0,2 ccm, wobei das Exsudat stets darauf kontrolliert wurde, ob nicht aufser dem Dysenteriebazillus noch andere Bakterien vorhanden sind; 2. aus dem aus der Bauchhöhle des zugrunde gegangenen Kaninchens gewonnenen Exsudat säte ich eine Platinöse auf Gelatine in Petrischalen, wobei ich stets nur Kolonien des Dysenteriebazillus erzielte; dann überimpfte ich geeignete Kolonien auf Agar, wobei ich die gewonnene Kultur mittels Agglutinationsprobe prüfte und sie dann in die Bauchhöhle des Versuchstieres injizierte, unter allmählicher Verringerung der zur Injektion bestimmten Quantität des Infektionsstoffes. Die erste Überimpfungsweise wirkte rascher und stärker: das dritte Kaninchen ging schon nach 24 Stunden, das fünfte ungefähr nach 12 Stunden zugrunde, wobei ich aber im Exsudat aus der Bauchhöhle des sechsten Kaninchens, das gleichfalls 12 Stunden nach der Injektion zugrunde gegangen war, aufser dem Shiga-Bazillus noch das Bact. coli gefunden habe. Nachdem ich mittels Gelatinekulturen den Dysenteriebazillus isoliert und denselben mittels Agglutinationsprobe geprüft hatte, machte ich wieder eine Reihe von Überimpfungen, wobei ich wiederum beim vierten Kaninchen auf eine Verunreinigung des Exsudats gestofsen bin. Alle diese Kaninchen gingen sehr rasch, nämlich nicht länger als 12 bis 16 Stunden nach der Injektion zugrunde. Das zweite Verfahren lieferte, wenn auch langsamer, aber gleichfalls sehr günstige Resultate im Sinne einer Steigerung der Virulenz der Kulturen. Nach diesem Verfahren wurde die Kultur durch zehn Kaninchen geführt. Das zweite Kaninchen bekam 0,004 ccm und ging nach 48 Stunden zugrunde; das dritte bekam 0,002 ccm und verendete

Digitized by Google

gleichfalls am 3. Tage unter Erscheinungen von Schleimdiarrhöe und Paralyse zunächst der hinteren und dann der vorderen Extremitäten; das fünfte Kaninchen bekam gleichfalls 0,002 ccm und ging nach 20 Stunden zugrunde. Die nachfolgenden Kaninchen bekamen nur 0,001 und 0,0005 ccm und gingen gleichfalls in weniger als 24 Stunden zugrunde, das letztere sogar 6 Stunden nach der Injektion.

Für meine Experimente über die gemeinsame Wirkung des Shiga-Bazillus mit Saprophyten wählte ich drei Bakterienarten: Bacillus subtilis, megatherium und prodigiosus. Es wurden 0,002 ccm der ursprünglichen Shiga-Bazillenkultur in steriler Bouillon mit einer 20stündigen Agarkultur des Bacillus subtilis, megatherium bzw. prodigiosus vermengt und die jeweiligen Mischungen in die Bauchhöhle von Kaninchen injiziert. Die Versuche haben im Sinne einer Steigerung der Virulenz ein negatives Resultat ergeben. Zum zweiten Male wurde das Experiment mit einer virulenteren Kultur nach der dritten nach dem zweiten Verfahren gemachten Tierpassage ausgeführt. Die Kultur wurde in derselben Quantität d. h. in der Quantität von 0,002 ccm, verwendet. Sämtliche drei Kaninchen dieser Reihe sind zugrunde gegangen, wobei das Kaninchen, welches eine Mischung von Shiga-Bazillen mit Bacillus subtilis bekommen hatte, am 3. Tage, die übrigen beiden am 2. bzw. 4. Tage verendeten. Das dritte Experiment wurde mit einer Kultur gemacht, welche nach der sechsten Passage gewonnen wurde. Diesmal wurden 0,0002 ccm injiziert. Sämtliche drei Kaninchen blieben am Leben.

Alle drei Versuchsreihen haben keine Anhaltspunkte dafür geliefert, dafs die Shiga-Bazillen bei gemeinsamer Wirkung mit den oben erwähnten Saprophyten eine Steigerung ihrer Virulenz erfahren.

Zur Einverleibung per os wurde eine Kultur verwendet, die nach der zehnten nach dem zweiten Verfahren ausgeführten Passage gewonnen wurde. Im ganzen sind zehn junge Kaninchen den bezüglichen Experimenten unterzogen worden. Die Kultur wurde den Versuchstieren mittels Sonde unmittelbar in den Magen eingeführt. Es wurden vier, fünf und sechs 20stündige

Digitized by Google

Agarkulturen mit 30 oder 40 ccm Leitungswasser vermengt und auf diese Weise eine Flüssigkeit hergestellt, die das Aussehen einer Emulsion hatte. Ein Teil der Tiere mufste vor dem Versuche 1—3 Tage hungern. Bei einigen wurde der Magensaft 10 Minuten vor der Fütterung mittels 10 ccm einer 10 proz. Sodalösung neutralisiert. Bei fünf Kaninchen wurde die Methode angewendet, welcher sich Koch bei der Erzeugung von Cholera bei Tieren bedient: Nach Neutralisation des Magensaftes wurde dem betreffenden Versuchstiere die aus den Kulturen hergestellte Emulsionsflüssigkeit eingeführt und hierauf in die Bauchhöhle Tinctura opii simpl. in einer Quantität von je 1 ccm auf je 200 g Körpergewicht des Tieres injiziert.

Die Fütterungsversuche haben nun folgende Resultate ergeben:

Das eine Kaninchen, welches nicht gehungert hatte, bekam vier Agarkulturen; es blieb am Leben; unbedeutende Schwäche, mangelhafter Appetit. Das zweite Kaninchen, welches gehungert hatte, bekam fünf Agarkulturen; gleiche Resultate. Drittes Kaninchen, nicht gehungert; Neutralisation des Magensaftes mittels 10 ccm einer 10 proz. Sodalösung; fünf Agarkulturen; blieb am Leben; hochgradig ausgesprochene Schwäche, Parese der hinteren Extremitäten, die am 3. Tage verschwand. Viertes Kaninchen, hungernd; Neutralisation des Magensaftes; fünf Agarkulturen; ging am 5. Tage unter Erscheinungen von Parese der hinteren und vorderen Extremitäten zugrunde. Keine Diarrhöe. Sektion: Die Schleimhaut der oberen Hälfte des Dünndarms und des Magens ist hyperämisch und mit einer ziemlich bedeutenden Schleimmenge bedeckt; die übrigen Gedärme sind leer und bieten keine Veränderungen dar. Fünftes und sechstes Kaninchen, nicht hungernd; Neutralisation des Magensaftes; fünf Agarkulturen; Opiumkultur intraabdominal; am 6. Tage Diarrhöe (Schleim ohne Blut), die bis zum Tode anhielt; hochgradig ausgesprochene Schwäche; vollständige Paralyse der Extremitäten. Das eine Kaninchen ging am 8., das andere am 10. Tage zugrunde. Sektion: Hochgradige Hyperämie des Dünndarms, stellenweise Blutergüsse im Stratum mucosum und submucosum; Mesenterial-

Digitized by Google

drüsen geschwollen; im Dünn- und Dickdarm Schleim; Schleimhaut des Dickdarms etwas hyperämiert, leicht ödematös, enthält ein wenig Schleim. Das siebente und achte Versuchskaninchen haben 1 Tag vor dem Versuch gehungert. Neutralisierung des Magensaftes; fünf Agarkulturen, Tinctura opii intraabdominal; am 4. Tage schleimige Diarrhöe. Das eine Kaninchen ging am 5. Tage zugrunde. Sektionsresultat wie im vorstehenden Falle, nur war die Hyperämie des Dünndarms noch stärker ausgesprochen, die Blutergüsse waren zahlreicher, wobei diese letzteren auch im oberen Abschnitt des Dickdarms anzutreffen waren, dessen Schleimhaut etwas hyperämiert war; Mesenterialdrüsen vergröfsert. Das zweite Kaninchen ging am 10. Tage zugrunde; die Diarrhöe hielt 2 Tage an (am 4. und 5. Tage); hochgradig ausgesprochene Schwäche, Paralyse der Extremitäten. Bei der Sektion fand man geringe Hyperämie des Dünndarms; Dickdarm unverändert. Das neunte Kaninchen hungerte vor dem Versuch 2 Tage; Neutralisation des Magensaftes; sechs Agarkulturen; Opiumtinktur intraabdominal; am 5. Tage schleimige Diarrhöe, am 8. Tage Diarrhöe mit Blutbeimischung; vollständige Paralyse der Extremitäten, hochgradige Schwäche und Abmagerung, Tod am 9. Tage. Sektion: Ziemlich hochgradige Hyperämie der Dünndarmschleimhaut, stellenweise Blutergüsse; Mesenterialdrüsen geschwollen, Dickdarm hyperämiert, Schleimhaut etwas ödematös; stellenweise, häufiger an den Spitzen der Schleimhaut falten, ist grauer Belag zu sehen; im ganzen Dickdarm sind zahlreiche hämorrhagische Infarkte oder richtiger Blutergüsse im Stratum mucosum und submucosum nebst Schwellung und dunkelroter Verfärbung der Darmwand; in der unteren Hälfte des Dickdarms sind oberflächliche Blutergüsse in Form von kleinen Punkten vorhanden; näher zum Mastdarm und an der Analöffnung findet man ziemlich viel Schleim, der mit Blut untermischt ist; die Milz bietet keine Veränderungen dar, die Leber hat das für Infektionskrankheiten übliche Aussehen. Nieren bedeutend hyperämiert. Die Aussaat des schleimig-blutigen Exsudats auf Gelatine und weitere Identifizierung ergab Shiga-Bazillen in Reinkultur.

Digitized by Google

Das mikroskopische Bild der aus der Dickdarmwand gefertigten Schnitte war folgendes: Blutgefäfse erweitert, mit Blut gefüllt; in den Lymphräumen bedeutende Ansammlungen von Lymphozyten; Nekrose des Epithels, welche sich durch mangelhafte Färbung der Kerne dieser Schicht kennzeichnete; Drüsenschicht infiltriert. Das zehnte Kaninchen hungerte vor dem Versuch 3 Tage; Fütterung wie im vorstehenden Falle; nach der Methode von Koch — sechs Agarkulturen. Das Kaninchen ging nach 3 Tagen unter Erscheinungen von hochgradiger Schwäche an Paralyse der Extremitäten zugrunde. Sektion: Dünndarm aufgetrieben, mit Schleim gefüllt, etwas hyperämiert; im Dickdarm leichtes Ödem der Schleimhaut, Hyperämie und mancherorts Blutergüsse.

Die Einführung in den Magen eines Kaninchens von fünf Shiga-Bazillenkulturen, von denen 0,0005 ccm das Tier bei Injektion in die Bauchhöhle töten, bleibt, wie aus den vorstehenden Experimenten ersichtlich, fast ohne jeglichen Einflufs, bis auf vorübergehende Schwäche. Bei vorangehender Neutralisation des Magensaftes, namentlich bei Tieren, die zuvor 1 Tag gehungert hatten, tritt der Tod ziemlich rasch ein, wobei im Darm fast keine pathologischen Veränderungen zu sehen sind. Die Verabreichung einer Kultur durch Sonde bei Neutralisation des Magensaftes und Injektion einer Opiumtinktur in die Bauchhöhle gibt schon sicherere Resultate im Sinne der Erzeugung eines klinischen Krankheitsbildes, namentlich bei Tieren, die zuvor gehungert hatten. Das neunte Kaninchen, welches vor dem Versuch 2 Tage gehungert hatte, erkrankte am 5. Tage an Diarrhöe; am 8. Tage zeigte sich in den Entleerungen Blut, und am folgenden Tage ging das Tier zugrunde. Bei der Sektion fand man bei diesem Tiere Veränderungen, welche an diejenigen erinnerten, die im ersten Stadium der Dysenterie angetroffen werden: Hyperämie und Schwellung der Dickdarmschleimhaut, stellenweise fibrinösen Belag, zahlreiche Blutergüsse im Stratum mucosum und submucosum, oberflächliche Exulceration der Epithelschicht mit Nekrose derselben, Ansammlung von Schleim und Blut im

Digitized by Google

unteren Abschnitt des Mastdarms. Das zehnte Kaninchen ist wahrscheinlich infolge zu andauernden, nämlich 3 tägigen Hungerns zugrunde gegangen, so dafs die pathologischen Veränderungen im Darm sich zu entwickeln noch nicht vermocht hatten. Die Veränderungen der Dickdarmschleimhaut, die bei dem neunten Kaninchen gefunden worden sind, entsprechen vollständig demjenigen pathologischen Krankheitsbilde, welches von Vaillard und Dopter bei Kaninchen, Hunden und Ferkeln mittels subkutaner Einführung von Kulturen erzeugt worden ist; nur waren in den Experimenten dieser Autoren diese Veränderungen deutlicher ausgesprochen.

Dafs wir bei der Einverleibung per os nur mit sehr starken Dosen zu positiven Resultaten kamen, kann nach den Erfahrungen, die bisher mit der Einverleibung von Reinkulturen einer Reihe vom Darm aus wirkender Bakterien gemacht wurden, nicht verwundern. Hatte doch auch schon Koch für seine ersten positiven Resultate bei Meerschweinchen die für diese Tiere nicht unerhebliche Menge von 10 ccm Cholerabouillon einverleiben müssen, ebenso ist hier an die Versuche Schönwerths[1]) zu erinnern, von dessen virulentester Hühnercholerakultur ein Bazillus genügte, um eine Taube nach subkutaner Impfung zu töten, während die Verabreichung per os zum mindesten 60 000 000 Individuen zur Herbeiführung einer Infektion bei der so überaus empfänglichen Taube nötig waren.

Zum Schlufs erachte ich es für meine angenehme Pflicht, an dieser Stelle dem Direktor des Hygienischen Instituts der Berliner Universität, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Rubner, für die liebenswürdige Erlaubnis, in seinem Laboratorium zu arbeiten, ferner Herrn Privatdozenten Dr. M. Ficker für seine Hilfe bei der Ausführung dieser Arbeit meinen tief empfundenen Dank zu sagen.

1) Schönwerth, A., Archiv f. Hygiene, Bd. 17, S. 361.

Digitized by Google

# Literatur.

Losch, Massenhafte Entwicklung von Amöben im Dickdarm. Virchows Archiv, Bd. 65.

Kartulis, Zur Ätiologie der Dysenterie in Ägypten. Virchows Archiv, 1886, Bd. 105.

Kruse und Pasquale, Untersuchungen über Dysenterie und Leberabszeſs. Zeitschr. f. Hygiene, 1894, Bd. 16, H. 1.

Chantemesse et Widal, Sur le microbe de la dysenterie. Bulletin de l'Acad. de Med., 1888.

Shiga, Über den Erreger der Dysenterie in Japan. Centralbl. f. Bakteriol., 1898, Bd. 23, H. 14.

Derselbe, Über den Dysenteriebazillus. Centralbl. f. Bakteriol., 1898, Bd. 24, H. 22—24.

Derselbe, Studien über die epidemische Dysenterie in Japan unter besonderer Berücksichtigung des Bacillus dysenteriae. Deutsche med. Wochenschr., 1901, Nr. 43—45.

Derselbe, Weitere Studien über den Dysenteriebazillus. Zeitschr. f. Hygiene 1902, Bd. 41, H. 3.

Flexner, The Etiology of Tropical Dysentery. Centralbl. f. Bakteriol., 1900, Bd. 28, H. 19.

Kruse, Über die Ruhr als Volkskrankheit und ihren Erreger. Deutsche med. Wochenschr., 1900, Nr. 40.

Derselbe, Der jetzige Stand der Dysenteriefrage. Deutsche Ärzte-Zeitung, 1902, Nr. 2.

Derselbe, Weitere Untersuchungen über die Ruhr und die Ruhrbazillen. Deutsche med. Wochenschr., 1901, Nr. 23 u. 24.

Th. Müller, Über den bakteriologischen Befund bei einer Dysenterie-Epidemie. Centralbl. f. Bakteriol., 1902, Bd. 31, H. 12.

Rosenthal, Zur Ätiologie der Dysenterie. Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 6.

Martini und Lentz, Die Differenzierung der Ruhrbazillen mittels der Agglutination. Zeitschr. f. Hygiene, 1902, Bd. 41, H. 2.

Pfuhl, Schmiedicke, Drigalski, Jürgens, Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens. Herausgeg. vom Königl. Preuſs. Kriegsministerium. Berlin, 1902, H. 20.

Lentz, Über Dysenterie. Handbuch der pathogenen Mikroorganismen. Jena, 1902, Lieferung 6 u. 7.

Dombrowsky, Zur Biologie der Ruhrbazillen. Archiv f. Hygiene, 1903, Bd. 47, H. 3.

Hetsch, Weiteres zur kulturellen Differenzierung der Ruhrbazillen gegenüber ruhrähnlichen Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., 1903, Bd. 34, Nr. 6.

L. Vaillard et Ch. Dopter, La dysenterie épidémique. Annales de l'Institut Pasteur, 1903, Nr. 7.

Digitized by Google

# Über Stoffwechsel und Energieverbrauch bei der Surraerkrankung.

Von

Dr. **Rudolf Stähelin** aus Basel.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Trotz der vielen Untersuchungen, die schon über den Stoff- und Kraftwechsel beim Fieber angestellt worden sind, haben bisher manche Fragen noch keine sichere Beantwortung gefunden. So herrscht über die Rolle der Fettverbrennung beim Fieber noch immer Unklarheit; dafs im Fieber bisweilen die Wärmeproduktion gesteigert ist, ist ja mit Sicherheit festgestellt. Sind nun aber in diesen Fällen die Oxydationsprozesse im ganzen gesteigert und nimmt an dieser Steigerung auch die Fettverbrennung teil, oder ist das Wesentliche ein »toxogener Eiweifszerfall«, welcher die Vermehrung der Wärmeproduktion deckt oder sogar kompensiert, wie Senator zuerst betont hat[1]). Diese Frage kann nur durch lange dauernde Stoffwechselversuche mit vollständiger Stoff- und Energiebilanz entschieden werden. Es ist übrigens wohl möglich, ja sogar wahrscheinlich, dafs sich verschiedenartige fieberhafte Krankheiten in dieser Beziehung verschieden verhalten, dafs die verschiedenen Infektionen einen verschiedenen spezifischen Einflufs auf den Stoffwechsel ausüben. Die stärkste Einwirkung

1) Senator, Untersuchungen über den fieberhaften Prozefs. Berlin, 1873. Vgl. Krehl, Pathol. Physiologie, Leipzig, 1898, S. 410 ff. Derselbe, Zeitschr. f. allg. Phys., I. Bd., 1902. Kraus, Artikel Fieber in Lubarsch-Ostertag, Erg. d. allg. path. Morph. u. Phys., Wiesbaden, 1895, I, 2, S. 659. Fr. Müller, Leydens Handb. d. Ernährungstherapie, II. Aufl., Bd. I, S. 213.

Digitized by Google

mufs sich in den Krankheiten geltend machen, in denen der rapideste Kräftezerfall stattfindet. Zu diesen gehört nach den Angaben der meisten Autoren[1]) die Surra, welche in Indien unter verschiedenen Tieren herrscht und bei Hunden und Pferden in kurzer Zeit unter hochgradiger Abmagerung zum Tode führt. Ich habe im hygienischen Institut der Universität Berlin an einem surrakranken Hund einen solchen Stoffwechselversuch vorgenommen, der sich über die ganze Dauer der Erkrankung erstreckt.

Die Surrakrankheit wird durch ein Trypanosoma, einen Parasiten aus der Klasse der Flagellaten verursacht, welcher im Blut der infizierten Tiere lebt und sich lebhaft bewegt. Die Verbreitung geschieht durch Mückenstiche. Durch subkutane Injektion von Blut eines kranken Tieres läfst sich die Krankheit experimentell übertragen. Ich benutzte zur Infektion 1,5 ccm einer mit Natriumzitrat versetzten Blutprobe, welche dem hygienischen Institut vom kaiserlichen Gesundheitsamt in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt worden war. Das Blut stammte von einem Hund, der 8 Tage früher mit Surraparasiten (1 ccm Hundeblut in 41. Passage) geimpft worden war; das ursprüngliche Material war, wenn ich recht unterrichtet bin, von Dr. Schilling in Togo gewonnen worden.

## Versuchsanordnung.

Der Versuchshund, ein Fox- Terrier, der schon früher vielfach zu Respirationsversuchen benutzt worden war, wurde zuerst möglichst vollständig ins Stoffgleichgewicht gebracht und dann geimpft. Während der Vorperiode und während der ganzen Dauer der Krankheit bis zum Tode wurden alle Einnahmen und Ausgaben untersucht, so dafs, mit Ausnahme einer unsicheren Periode von 7 Tagen, während der ganzen Zeit für jeden Tag die Stoff- und Energiebilanz aufgestellt werden konnte. Die

---

1) Laveran et Mesnil, Recherches morph. et experiment. sur le Trypanosome du Nagana ou malad. de la mouche Tsétsé. Annal. de l'Institut Pasteur, 1902, Nr. 1. Rabinowitsch und Kempner, Die Trypanos. d. Menschen- u. Tierpath., sowie vergleichende Trypanos. Untersuchungen. Centralbl. f. Bakteriol., 34, S. 804.

Digitized by Google

Untersuchungen erstreckten sich auf Stickstoff, Kohlenstoff und Wasser, aufserdem wurden Nahrung, Harn und Kot kalorimetrisch untersucht.

Der Hund befand sich während der ganzen Zeit im Pettenkoferschen Respirationsapparat, und zwar diente als Kammer das Kalorimeter, in welchem das Tier eben stehen oder liegen, aber nicht gehen konnte. Der Hund legte sich jedesmal sofort hin und blieb ganz ruhig, so dafs gröfsere Muskelarbeit, welche den Stoffumsatz hätte erhöhen können, ausgeschlossen ist, namentlich konnte auch während der Krankheit trotz möglichst genauer Beobachtung keine Muskelbewegung wahrgenommen werden, so dafs die Resultate dieser Periode mit den Werten der Vorperiode direkt verglichen werden können. Mittags wurde der Hund herausgenommen, katheterisiert und gefüttert, währenddessen wurden die Barytröhren gewechselt, die Schwefelsäurefläschchen gewogen und die Ablesungen gemacht. Diese Pause dauerte 1—1 ½ Stunden. Während dieser Zeit setzte der Hund meist auch Kot ab. Aufserdem wurde der Hund morgens und abends für wenige Minuten zum Zweck des Katheterisierens und der Temperaturmessung herausgenommen. Nach dem Katheterisieren wurde die Blase jedesmal mit Wasser nachgespült. So konnte vermieden werden, dafs Urin und Kot ins Kalorimeter gelassen wurden. Erst in der letzten Zeit der Krankheit hielt das Tier Urin und Kot bisweilen nicht. Die Einrichtung des Kalorimeters gestattet nun diese ohne Verlust aufzufangen, aber die Bestimmung der Wasserverdunstung verliert deshalb an Genauigkeit.

Die Nahrung bestand aus Hundekuchen der Firma Spratt in Berlin. Vor Beginn des Versuches wurde eine für die ganze Dauer reichende Menge gemahlen und gemischt und Proben zur Analyse entnommen. Dieselbe ergab Wasser 90,72 %, in der Trockensubstanz N 4,05 %, C 45,10 %, H 6,81 %.

Die kalorimetrische Untersuchung in der Berthelotschen Bombe ergab für 1 g Trockensubstanz in zwei Bestimmungen:

1. 4604 kal.
2. 4603 kal.

Digitized by Google

Es war beabsichtigt, soviel Nahrung zuzuführen, dafs der Hund in der Vorperiode genau im Stoffwechselgleichgewicht war, und ihm dieselbe Nahrung solange wie möglich während des Fiebers zuzuführen, damit eine Erhöhung der Zersetzungen klar zum Ausdruck kommen sollte. Das gelang auch ziemlich gut. Das Stoffwechselgleichgewicht wurde in der Vorperiode mit einer Ration von 140 g Hundekuchen pro Tag beinahe erreicht, indem pro Tag nur 0,15 g N retiniert und 4,45 g C zuviel ausgeschieden wurden Dagegen konnte die ganze Nahrungsmenge nicht bis zuletzt zugeführt werden, doch frafs sie der Hund 14 Tage nach der Infektion mit Ausnahme eines Tages vollständig auf, in den nächsten sieben Tagen teilweise, in den letzten vier Tagen frafs er nichts mehr.

Dagegen gelang es nicht, die Wasserzufuhr konstant zu halten. 140 g Wasser genügten in der Vorperiode, vom dritten Tage nach der Impfung an mufste die Ration erhöht werden, um den Hund zum Auffressen der festen Nahrung zu bewegen und die Wassermenge mufste verdoppelt werden. Das Wasser wurde mit dem gemahlenen Hundekuchen zu einem Brei gemischt. Wenn der Hund nicht alles gefressen hatte, wurde der Rest gewogen und darin die Trockensubstanz bestimmt.

Der Harn wurde immer sorgfältig gesammelt. Täglich wurden das spezifische Gewicht und der Stickstoff (nach Kjeldahl) bestimmt. Sodann wurde der Harn von je 3 Tagen vereinigt und darin der Kohlenstoff nach Scholz[1]) bestimmt, ein Teil unter Oxalsäurezusatz getrocknet und der kalorische Wert der Trockensubstanz festgestellt.

Das Verhältnis C : N schwankte von 0,732 bis 0,758 mit Ausnahme der letzten 6 Tage, an denen Eiweifs und Zucker ausgeschieden wurden und die Werte 0,977 und 1,310 betrugen. Ähnlich verhielt sich der Verbrennungswert, indem auf 1 g N 7,544 bis 8,810 Kal., in den letzten 6 Tagen auf 1 g N 9,450 Kal. resp. 13,560 Kal. fielen.

Der Kot wurde vor Beginn des Stoffwechselversuches und im Zeitpunkt der Impfung mit Knochenfütterung abgegrenzt. Jeder

1) Centralbl. f. inn. Med., Bd. 18, 1897, S. 353.

Digitized by Google

frisch abgesetzte Kot wurde sofort gewogen, getrocknet und die Perioden vereinigt. In der Trockensubstanz wurden C, N, H und Verbrennungswärme bestimmt. Die Resultate waren folgende:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wassergehalt | I. | Per. | 66,79 % | II. | Per. | 68,31 % |
| in der Trockensubstanz N | I. | » | 5,785 » | II. | » | 5,03 » |
| C | I. | » | 41,86 » | II. | » | 42,86 » |
| H | I. | » | 5,93 » | II. | » | 6,41 » |
| Verbrennungswert pro 1 g Trockensubstanz | I. | » | 4106 g kal. | II. | » | 4209 g kal. |

In den letzten Tagen war bisweilen Kot und Harn oder Erbrochenes gemischt im Kalorimeter, dann wurde die Masse gewogen, getrocknet und in der Trockensubstanz N und, wenn die Substanz ausreichte, C, H und Kal.-Wert bestimmt. Da das nicht immer möglich war, ergibt sich eine Ungenauigkeit, doch ist diese, weil es sich nur um kleine Mengen handelt, nicht erheblich.

## Krankheitsverlauf.

Am 18. Juni 1903 wurde der Hund mit 1,5 ccm Hundeblut subkutan injiziert, das bei der mikroskopischen Untersuchung 2—3 lebhaft sich bewegende Parasiten im Gesichtsfeld zeigte.

Am 22. Juni waren die ersten Krankheitserscheinungen bemerkbar, indem der Hund etwas schlaff und müde aussah und nicht die ganze Nahrung auffrafs. Im Urin fand sich eine Spur Eiweifs. Die Temperatur stieg ein wenig. Am 23. waren schon viel Parasiten im Blut nachweisbar, etwa 4—6 im Gesichtsfeld, am 26. schon 10—20. Am 24. stieg die Temperatur, sank dann wieder und stieg am 26. aufs neue. Der Hund konnte in den nächsten Tagen nur mit Mühe zum Fressen seiner Ration gebracht werden, war weniger lebhaft wie früher, zeigte aber sonst keine Krankheitserscheinungen. Am 28. trat eine Fieberremission ein und das Tier war wieder etwas lebhafter, von da ab wurde es aber immer elender und magerte stark ab. Am 29. trat ein leichtes Ödem an den Genitalien auf, später auch an den Pfoten. Am 2. Juli zeigte sich eine starke Injektion der Konjunktiven, am 3. Chemosis, dann trübten sich die Cornea allmählich und es trat Hypopyon auf.



Digitized by Google

Vom 8. Juli an wurde der Hund so elend, dafs er nicht mehr stehen konnte. Es stellte sich Ikterus ein, der langsam zunahm. Zugleich begann die Temperatur stark zu sinken und fiel nun bis zum Tode konstant ab. Am 10. Juli zeigte sich Cheyne-Stokessches Atmen. Die Reflexe wurden stark gesteigert. Am 12. Juli traten häufige Konvulsionen der Extremitäten auf, das Tier reagierte nicht mehr und starb im Laufe des Tages. Im Urin war immer etwas Eiweifs nachweisbar, bis zu 1 %₀, in den letzten 6 Tagen etwas mehr und aufserdem eine geringe Menge von Zucker. Die Temperatur zeigte folgenden Verlauf:

| | morgens | abends | | morgens | abends |
|---|---|---|---|---|---|
| 19. VI. | 37,9 | 37,9 | 1. VII. | 40,3 | 40,2 |
| 20. » | 37,9 | 38,3 | 2. » | 40,1 | 40,0 |
| 21. » | 38,0 | 38,2 | 3. » | 39,0 | 38,5 |
| 22. » | 38,0 | 38,7 | 4. » | 38,4 | 38,7 |
| 23. » | 38,1 | 38,3 | 5. » | 37,5 | 38,5 |
| 24. » | 39,4 | 39,5 | 6. » | 39,9 | 39,8 |
| 25. » | 38,3 | 37,7 | 7. » | 40,4 | 39,4 |
| 26. » | 39,6 | 40,1 | 8. » | 39,5 | 38,2 |
| 27. » | 39,6 | 39,2 | 9. » | 38,8 | 37,7 |
| 28. » | 37,9 | 38,3 | 10. » | 36,4 | 36,4 |
| 29. » | 39,6 | 39,8 | 11. » | 35,5 | 35,5 |
| 30. » | 40,4 | 40,2 | 12. » | 35,9, unter 35 | |

Die Sektion ergab grofse Fettarmut des Körpers, leichtes Ödem der Extremitäten, geringen Ikterus, kleine bronchopneumonische Herde in den Lungen, kleine gelbweifse Flecken im Herzmuskel, die sich in mikroskopischen Präparaten als nekrotische Herde erwiesen, Milztumor mäfsigen Grades. Die Nieren waren geschwollen, die Rinde war trüb und enthielt keilförmige gelbweifse Stellen, teilweise mit rotem Rand, die bei der mikroskopischen Untersuchung sich als nekrotisch erwiesen, während das Epithel der Tubuli contorti stark degeneriert war. Die übrigen Organe, auch Gehirn und Rückenmark, waren normal.

Ein anderer Hund von 34,3 kg Gewicht, der zu gleicher Zeit geimpft wurde, zeigte denselben Krankheitsverlauf, nur lebte er noch 4 Tage länger. Sein Körpergewicht nahm ab bis zu 24,4 kg.

Die Sektion ergab das gleiche Resultat.

Digitized by Google

## Resultate.

Auf Tabelle I finden sich das Körpergewicht, die Einnahmen an Nahrung und Wasser, die Ausgaben in Respiration, Harn und Kot, sowie die N- und C-Bilanz. Der ganze Verlauf ist in mehrere Perioden eingeteilt.

1. Vorperiode, 8 Tage dauernd, vom 10.—18. Juni.
2. Periode von der Infektion bis zum Beginn des Fiebers, 18.—24. Juni. Diese Periode enthält die Inkubationszeit und die Zeit des Temperaturanstiegs.

   Die fieberhafte Periode mufste in 3 Tage geteilt werden, da an 7 Tagen infolge eines Versehens die Ablesungen an der Gasuhr ungenau waren. Deshalb wurden die Tage mit zuverlässigen Resultaten zusammengefafst und für die mittlere Periode an Stelle der Werte für $CO_2$ Wahrscheinlichkeitszahlen eingesetzt. Diese wurden genommen als Mittel aus den Zahlen für den 27./28. Juni und 5./6. Juli. Daraus wurde dann, da das tägliche Verhältnis zwischen $CO_2$ und Wasserdampfausscheidung bekannt war, die letztere berechnet. So erhalten wir:
3. eine Periode vom 24.—28. Juni in der nur die $CO_2$- und $H_2O$-Zahlen der letzten Tage nicht ganz sicher.
4. eine Periode, in der nur die N-Bilanz sicher ist und
5. eine Periode vom 5.—8. Juli, in der die NC- und Wasserbilanz wieder zuverlässig ist.
6. Die Schlufsperiode umfafst die Tage vom 8./9. Juli bis zum 12. Juli (Todestag). In dieser Periode sind die Temperaturen meistens subnormal.

Die Mittelzahlen der Stickstoffbilanz sind folgende:

| | N in der Nahrung | N im Harn | N im Kot | N-Bilanz |
|---|---|---|---|---|
| Vorperiode | 5,67 | 4,135 | 1,38 | + 0,155 |
| Inkubations- und Prodromalperiode | 4,45 | 4,14 | 0,82 | — 0,51 |
| Erste Fieberperiode | 5,67 | 5,87 | 0,98 | — 1,18 |
| Zweite Fieberperiode | 4,37 | 5,89 | 0,98 | — 2,50 |
| Dritte Fieberperiode | 3,34 | 5,19 | 0,71 | — 2,52 |
| Terminale Periode | 0,45 | ? | ? | — 4,7 |



Digitized by Google

Tabelle I.

| | Gewicht am Anfang d. Periode | Zufuhr | | Ausgaben | | Respiratorische Ausgaben | | $CO_2$ | | $H_2O$ | | N-Bilanz | | | | C-Bilanz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Feste Nahrung | Wasser | Harn | Kot | $CO_2$ | $H_2O$ | pro kg Körpergew. | pro qm Oberfläche | pro kg Körpergew. | pro qm Oberfläche | Nahrung | Harn | Kot | Bilanz | Nahrung | Respir. | Harn | Kot |
| 10./11. VI. | 8,58 | 140 | 140 | 135 | (140) | 174,8 | 98,7 | 20,37 | 350,5 | 11,50 | 200,5 | 5,67 | 4,09 | 1,38 | + 0,20 | 57,27 | 47,7 | 3,07 | 10,01 |
| 11./12. » | 8,51 | 140 | 360 | 128 | 53 | 208,9 | 182,2 | 24,56 | 421,3 | 21,41 | 367,5 | 5,67 | 4,23 | 1,38 | + 0,06 | 57,27 | 57,0 | 3,17 | 10,01 |
| 12./13. » | 8,64 | 140 | 140 | 98 | 84 | 207,4 | 142,5 | 21,69 | 374,0 | 16,49 | 284,4 | 5,67 | 3,88 | 1,38 | + 0,41 | 57,27 | 50,0 | 2,99 | 10,01 |
| 13./14. » | 8,56 | 140 | 140 | 111 | 82 | 174,5 | 121,8 | 20,38 | 350,3 | 14,22 | 244,5 | 5,67 | 3,64 | 1,38 | + 0,65 | 57,27 | 47,6 | 2,40 | 10,01 |
| 14./15. » | 8,63 | 140 | 140 | 131 | — | 172,0 | 104,2 | 19,93 | 343,6 | 12,07 | 208,1 | 5,67 | 4,12 | 1,38 | + 0,17 | 57,27 | 46,9 | 3,09 | 10,01 |
| 15./16. » | 8,62 | 140 | 140 | 126 | 116 | 176,3 | 101,0 | 20,45 | 352,4 | 11,71 | 201,8 | 5,67 | 4,31 | 1,38 | — 0,02 | 57,27 | 48,1 | 3,28 | 10,01 |
| 16./17. » | 8,46 | 140 | 140 | 119 | 100 | 166,5 | 127,2 | 19,68 | 337,0 | 15,03 | 257,4 | 5,67 | 4,35 | 1,38 | — 0,06 | 57,27 | 45,4 | 3,31 | 10,01 |
| 17./18. » | 8,35 | 140 | 140 | 117 | — | 166,2 | 110,7 | 19,90 | 339,3 | 13,26 | 225,9 | 5,69 | 4,46 | 1,38 | — 0,17 | 57,27 | 45,2 | 3,40 | 10,01 |
| Summa | | 1120 | 1340 | 965 | 575 | 1426,6 | 988,3 | | | | | 45,36 | 33,08 | 11,04 | + 1,24 | 458,16 | 389,4 | 24,71 | 80,08 |
| Mittel | | | | | | 178,6 | 123,7 | 20,87 | 358,5 | 14,46 | 248,8 | | | | | | Bilanz | | — 35,6 |
| 18./19. VI. | 8,43 | — | 140 | 80 | 84 | 176,5 | 111,9 | 20,93 | 358,1 | 13,27 | 227,0 | — | 3,25 | — | — 3,25 | — | 48,1 | 2,65 | — |
| 19./20. » | 8,25 | 140 | 140 | 110 | 57 | 184,1 | 112,2 | 22,31 | 378,8 | 13,60 | 231,0 | 5,67 | 3,86 | 0,98 | + 0,83 | 57,27 | 49,2 | 3,15 | 7,70 |
| 20./21. » | 8,20 | 140 | 140 | 107 | — | 205,4 | 221,5 | 25,05 | 424,5 | 27,02 | 457,8 | 5,67 | 4,00 | 0,98 | + 0,69 | 57,27 | 56,0 | 3,26 | 7,70 |
| 21./22. » | 8,22 | 140 | 140 | 130 | 82 | 127,7 | 146,9 | 15,53 | 263,5 | 17,87 | 303,2 | 5,67 | 4,36 | 0,98 | + 0,33 | 57,27 | 34,8 | 3,55 | 7,70 |
| 22./23. » | 8,30 | 99 | 158 | 116 | — | 156,1 | 120,4 | 18,80 | 320,0 | 14,51 | 246,8 | 4,01 | 4,50 | 0,98 | — 1,47 | 40,51 | 42,5 | 3,66 | 7,70 |
| 23./24. » | 8,05 | 140 | 280 | 142 | 60 | 169,3 | 139,3 | 21,03 | 354,2 | 17,31 | 291,5 | 5,67 | 4,87 | 0,98 | — 0,18 | 57,27 | 46,2 | 3,96 | 7,70 |
| Summa | | 659 | 998 | 685 | 283 | 1019,1 | 852,2 | | | | | 26,69 | 24,84 | 4,90 | — 3,05 | 269,59 | 276,8 | 20,23 | 38,50 |
| Mittel | | | | | | 169,85 | 142,0 | 20,61 | 349,8 | 17,265 | 292,2 | | | | | | Bilanz | | — 65,9 |
| 24./25. VI. | 8,16 | 140 | 280 | 140 | 86 | 186,4 | 147,4 | 22,84 | 386,5 | 18,06 | 305,6 | 5,67 | 5,09 | 0,98 | — 0,40 | 57,27 | 50,8 | 3,88 | 7,70 |
| 25./26. » | 8,16 | 140 | 280 | 135 | 95 | 197,4 | 136,1 | 21,74 | 367,9 | 16,67 | 282,1 | 5,67 | 5,15 | 0,98 | — 0,46 | 57,27 | 53,8 | 3,90 | 7,70 |
| 26./27. » | 8,27 | 140 | 280 | 177 | — | 231,6 | 208,1 | 28,00 | 475,8 | 25,17 | 427,7 | 5,67 | 5,75 | 0,98 | — 1,06 | 57,27 | 63,2 | 4,36 | 7,70 |
| 27./28. » | 8,17 | 140 | 280 | 200 | 191 | 235,6 | 176,7 | 28,84 | 488,2 | 21,63 | 366,1 | 5,67 | 7,49 | 0,98 | — 2,80 | 57,27 | 64,3 | 5,48 | 7,70 |
| Summa | | 560 | 1120 | 652 | 372 | 851,0 | 668,3 | | | | | 22,68 | 23,48 | 3,92 | — 4,72 | 229,1 | 232,1 | 17,62 | 30,80 |
| Mittel | | | | | | 206,75 | 167,1 | 25,36 | 429,6 | 20,38 | 345,4 | | | | | | Bilanz | | — 51,4 |
| | | | | | | pro Tag | | | | | | | | | | | | | |

Digitized by Google

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28./29. VI. | 8,24 | 140 | 140 | 156 | — | 229[1]) | 172[2]) | 27,79 | 471,8 | 20,87 | 354,3 | 5,67 | 7,18 | 0,98 | — 2,49 | 57,27 | 62,5 | 5,26 | 7,70 |
| 29./30. » | 7,95 | 140 | 140 | 157 | 89 | 229[1]) | 190[2]) | 28,80 | 483,1 | 23,90 | 400,9 | 5,67 | 5,33 | 0,98 | — 0,64 | 57,27 | 62,5 | 3,90 | 7,70 |
| 30. VI. 1. VII. | 7,95 | 140 | 280 | 167 | — | 229[1]) | 214[2]) | 28,80 | 483,1 | 26,92 | 451,4 | 5,67 | 6,75 | 0,98 | — 2,06 | 57,27 | 62,5 | 4,97 | 7,70 |
| 1./2. VII. | 7,87 | 140 | 280 | 168 | 105 | 229[1]) | 232[2]) | 29,09 | 486,4 | 29,47 | 492,8 | 5,67 | 5,99 | 0,98 | — 1,30 | 57,27 | 62,5 | 4,41 | 7,70 |
| 2./3. » | 7,81 | 84 | 201 | 168 | — | 229[1]) | 181[2]) | 29,32 | 488,9 | 23,17 | 386,5 | 3,41 | 5,63 | 0,98 | — 3,20 | 34,36 | 62,5 | 4,14 | 7,70 |
| 3./4. » | 7,71 | 47 | 283 | 170 | 52 | 229[1]) | 239[2]) | 29,70 | 493,0 | 30,90 | 514,6 | 1,90 | 5,51 | 0,98 | — 4,59 | 19,23 | 62,5 | 4,17 | 7,70 |
| 4./5. » | 7,65 | 64 | 249 | 123 | — | 229[1]) | 193[2]) | 29,39 | 495,7 | 25,23 | 417,8 | 2,59 | 4,81 | 0,98 | — 3,20 | 26,18 | 62,5 | 3,58 | 7,70 |
| Summe | | 955 | 1573 | 1109 | 246 | 1603 | 1421 | | | | | 30,58 | 41,20 | 6,86 | —17,48 | 308,85 | 437,5 | 30,43 | 53,90 |
| Mittel | | | | | | 229 pro Tag | 203 | 29,06 | 486,0 | 25,79 | 431,2 | | | | | | Bilanz | — | 213,4 |
| 5./6. VII. | 7,65 | 100 | 320 | 179 | 202 | 222,4 | 187,7 | 29,07 | 481,5 | 24,53 | 406,2 | 4,05 | 4,60 | 0,98 | — 1,53 | 40,91 | 60,7 | 3,42 | 7,70 |
| 6./7. » | 7,55 | 100 | 100 | 209 | — | 194,4 | 266,6 | 25,72 | 424,5 | 35,32 | 582,2 | 4,05 | 5,88 | 0,58 | — 2,41 | 40,90 | 53,0 | 5,74 | 3,3(?) |
| 7./8. » | 7,35 | 50 | 250 | 203 | — | 169,7 | 155,7 | 23,09 | 377,3 | 21,18 | 346,1 | 2,025 | 5,08 | 0,58 | —3,635 | 20,45 | 46,3 | 4,96 | 3,3(?) |
| Summe | | 250 | 670 | 591 | 202 | 586,5 | 610,0 | | | | | 10,125 | 15,56 | 2,14 | —7,575 | 102,27 | 160,0 | 14,12 | 136(?) |
| Mittel | | | | | | 195,5 pro Tag | 203,3 | 25,96 | 427,8 | 27,01 | 444,8 | | | | | | Bilanz | — | 86(?) |
| 8./9. VII. | 7,23 | 50 | 250 | 301 | 86[3] | 174,2 | 130,2 | 24,09 | 391,5 | 18,01 | 292,6 | 2,025 | 8,62[8]) | 0,58[8] | —7,275 | 20,45 | 47,5 | 7,67 | 7,8 |
| 9./10. » | 7,00 | — | 145 | 105(?) | 229[4]) | 146,7 | 115,4 | 20,96 | 337,0 | 16,48 | 265,1 | — | 3,59[9]) | 2,59[9] | — 6,18 | — | 39,0 | 4,72 | 7,5(?) |
| 10./11. » | 6,64 | — | 97 | 135(?) | 159,5[5] | 134,4 | 130,8 | 20,33 | 320,7 | 19,78 | 312,0 | — | 2,53[9]) | 0,69[9] | — 3,22 | — | 36,7 | 3,33 | 3,1(?) |
| 11./12. » | 6,34 | — | — | 40(?) | — | 123,4 | 167,8 | 19,46 | 302,8 | 26,46 | 411,7 | — | 3,37 ? | — | — 3,37 | — | 33,7 | 4,4 ? | ? |
| 12. bis zum Tod (ca. 10 Std.) | 6,09 5,74 (post mortem) | — | — | 240[6]) | — | 66,6 | 71,8 | 26,23 | 402,7 | 28,30 | 434,2 | | 1,13 0,14 (Magendarminhalt des Kadavers) | | — 1,27 | — | 19,6 | — | 4,9 |
| | | | | | | | | auf 24 Stunden berechnet. | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | 482 | 821 | 474 | | | | | | | 2,025 | 18,61 | 4,63 | 21,215 | 20,45 | 76,5 | 20,12 | 23,3 |

1) Mittel zwischen 27./28. und 5./6. — 2) Berechnet aus der $CO_2$-Zahl und dem gefundenen Verhältnis von $H_2O$ zu $CO_2$ in der Ventilationsluft. — 3) Erbrochenes. — 4) Mit Harn gemischt. — 5) Mit Harn gemischt. — 6) Mit Kot und Erbrochenem gemischt. — 7) Erbrochenes. — 8) Mit Erbrochenem gemischt. — 9) Harn und Kot.

Digitized by Google

Zu bemerken ist noch, dafs der N-Gehalt des Kotes für die ganzen Perioden berechnet und auf die einzelnen Tage gleichmäfsig verteilt wurde. Für die Vorperiode ist dieses Verfahren sicher richtig. In der Krankheitsperiode begehen wir damit einen kleinen Fehler, indem an fünf von den 17 Tagen die Nahrungsaufnahme geringer war.

In der Vorperiode ist das N-Gleichgewicht sozusagen erreicht, ebenso in der Periode vom 18.—24. Juni. Die scheinbare Differenz rührt davon her, dafs am 1. Tage keine Nahrung, sondern nur Knochen gefüttert wurden, dafs ferner am 22./23. nur 99 g Hundekuchen mit 4,01 g N statt 140 mit 5,67 g N gefressen wurden.

In der ersten Fieberperiode nahm der Hund während aller vier Tage die ganze Nahrungsmenge zu sich, aber trotzdem überstieg die N-Ausscheidung im Harn die Nahrungsaufnahme. Bemerkenswert ist, dafs eine stärkere Mehrausscheidung von N erst an dem Tage begann, als das Fieber kontinuierlich hoch war, während an den Tagen mit Fieberremissionen die Vermehrung der N-Ausscheidung noch gering war.

In der zweiten Fieberperiode finden wir im Mittel die N-Ausscheidung im Harn wie in der ersten, doch weisen die einzelnen Tage erhebliche Unterschiede auf. Die stärkste Ausscheidung finden wir am 28./29. Juni mit 7,18 g, d. h. 2,49 g oder 44 % mehr als resorbiert wurde.

In der dritten Fieberperiode ist die Nahrungsaufnahme gering, die Ausscheidung aber dennoch höher als in der Normalperiode.

In der Schlufsperiode liefs sich Kot und Harn nicht mehr trennen, wir können daher nur das N-Defizit bestimmen. Dieses beträgt am ersten Tag 7,175 und sinkt dann etwa auf die Hälfte. Der Gesamtverlust an N während des ganzen Versuches beträgt 52,8 g. Wenn wir annehmen, dafs der N-Gehalt des Tieres bei Beginn des Versuches 3 % betrug[1]), so bedeutet das 20,3 %

1) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches und der Ernährung. Berlin, 1903, S. 402.

Digitized by Google

des ursprünglichen Bestandes. Dabei hat das Körpergewicht von 8,58 kg auf 5,74 kg, also um 34 %, abgenommen.

Die Ausnutzung der Nahrung war folgende: Es wurden nicht resorbiert durch den Kot ausgeschieden von

| | I. Periode | II. Periode. |
|---|---|---|
| N der Nahrung . . . | 24,4 % | 19,75 % |
| C » » . . . | 17,5 » | 15,5 » |
| Fett d. » . . . | 13,2 » | 15,5 » |
| Kalorien d. Nahrung . | 16,8 » | 15,1 » |

Die Kohlensäureausscheidung kann für sich allein betrachtet, nicht richtig beurteilt werden, da die $CO_2$ eine sehr verschiedene Bedeutung hat, je nachdem sie aus Eiweifs, Fett oder Kohlehydraten stammt. Deshalb wurde der Umsatz der einzelnen Stoffe berechnet und in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Berechnung war dadurch vereinfacht, dafs die Zersetzung, wie aus dem N- und C- Defizit hervorgeht, die Zufuhr immer überschritt. Wir können daher, wenn wir zunächst vom Glykogenvorrat des Körpers absehen, annehmen, dafs die Mehrausscheidung von C aus Körpereiweifs und Körperfett herrührt. Wieviel aus dem Eiweifs stammt, können wir aus dem N-Defizit berechnen. Da wir wissen, dafs bei Eiweifszersetzung auf ein Teil N 3,2 Teile C kommen, brauchen wir die Zahl des N-Defizits nur mit 3,2 zu multiplizieren und diese Zahl von C zu subtrahieren, um die Menge C zu erhalten, die aus zersetztem Körperfett herrührt. Da nun 1 g N bei Zerfall von Körpereiweifs 25,0 Kal.[1]), 1 g C aus Fett 12,31 Kal.[2]) entspricht, können wir feststellen, wieviel Kalorien durch Zerfall von Eiweifs und Fett entstanden sind. Dazu kommt der Kalorienwert der Nahrung, der direkt bestimmt wurde, dagegen mufs der ebenfalls direkt bestimmte Kaloriengehalt von Harn und Kot abgezogen werden, dann erhalten wir die gesamte Wärmeproduktion.

Für die Beurteilung der Wärmeproduktion sind sowohl die Werte für die Gewichtseinheit als auch für die Oberfläche zu

1) Rubner, Gesetze des Energieverbrauches, S. 19.
2) Rubner, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 21, S. 363.

Digitized by Google

berücksichtigen. Die Oberfläche wurde nach der Meehschen Formel unter Anwendung der Konstante 11,9 berechnet.[1]) Die Berücksichtigung der Oberfläche allein könnte zu Irrtümern führen. Denn beim stark abgemagerten Tier steht die Wärmeproduktion nicht im direkten Verhältnis zur Oberfläche, was teilweise darauf beruht, dafs die Konstante bei starker Abmagerung sich ändert.[2])

In der Vorperiode beträgt die Wärmebildung pro kg Körpergewicht 59,81 Kal. und pro qm Oberfläche 1027 Kal. Diese letztere Zahl stimmt gut mit der von Rubner und später von E. Voit berechneten Durchschnittszahl für den Hund von 1030 Kal.

In den der Impfung folgenden zwei Tagen ist die Wärmebildung noch ungefähr auf gleicher Höhe wie in der Vorperiode. Am 20./21. Juni steigt sie dann, ohne dafs die Temperatur erhöht wäre, auf 83,79 resp. 1245 Kal. Da an diesem Tage keine Fehlergrenze zu finden ist, könnte man geneigt sein anzunehmen, dafs trotz des Fehlens von Krankheitserscheinungen schon eine Störung der Wärmebildung vorlag. Für die Annahme einer solchen Störung würde auch der Wert des folgenden Tages sprechen, der nur die Hälfte des vorhergehenden beträgt. Doch sind diese Differenzen so aufserordentlich grofs, dafs man doch an einen Versuchsfehler denken mufs. In den nächsten zwei Tagen steigt dann die Wärmeproduktion allmählich an, um am 24./25. Juni wieder einen normalen Wert zu erreichen. Während dieser Tage treten unregelmäfsige Temperatursteigerungen bis zu 39,5 auf. Diese Verminderungen der Wärmeproduktion während des Fieberanstiegs ist eine bekannte Erscheinung[3]). Interessant ist, dafs sie hier schon vor dem Temperaturanstieg in der Inkubationszeit zu beobachten ist. Ähnliche Beobachtungen hat schon Senator[4]) gemacht. Vom 25. bis 28. Juni steigt die Wärmeproduktion unter Auftreten von hohem Fieber immer mehr bis zu einer Höhe von 88,88 Kal., pro kg und 1507 Kal. pro qm, was

1) Rubner, Leydens Handb. d. Ernährungsther., II. Aufl., 1, S. 69. Gesetze des Energieverbrauches. S. 280.

2) Rubner, Gesetze des Energieverbrauches, S. 528.

3) Kraus, Lubarsch-Ostertag, I, 2, S. 675.

4) Senator, Untersuchungen über den fieberhaften Prozefs, 1874.

Digitized by Google

einer Vermehrung um 47,4 bzw. 45,3% entspricht. Doch sind die Zahlen für diese zwei letzten Tage nicht absolut zuverlässig.

Für die Periode vom 28. Juni bis 5. Juli berechnet sich eine mittlere Wärmeproduktion von 83,71 Kal. pro kg und 1404 Kal. pro qm. Diese Berechnung beruht auf den $CO_2$-Zahlen, die als Mittel aus den zwei Tagen vorher und nachher gewonnen sind. Wir können über die Richtigkeit dieser Annahme ein Urteil gewinnen, wenn wir für diese Zeit die Wasserbilanz zum Vergleiche heranziehen. Wie wir später sehen werden, läfst sich der Wasserverlust mit Hilfe des Stoffverbrauches berechnen und mit dem direkt gefundenen vergleichen. Dann erhalten wir für diese Periode eine Differenz von 35 g, also eine gute Übereinstimmung.

Am 5./6. Juli ist die Wärmeproduktion pro kg Körpergewicht ungefähr gleich wie am 27./28. Juni, 88,68 statt 88,88, während sie pro qm Oberfläche etwas mehr gesunken ist, von 1507 auf 1432. Die Steigerung gegenüber der Norm beträgt also 44,9% bzw. 39,4%. Von da an sinkt sie wieder, steigt am 8./9. Juli noch einmal vorübergehend an und sinkt dann auf Werte, welche unter den normalen liegen. Am Todestag hätten wir wieder eine starke Vermehrung der Wärmebildung, wenn die auf 27 Stunden berechneten Werte richtig wären. Ein Teil dieser Steigerung liefse sich auf die Konvulsionen des Fiebers zurückführen, aber die Berechnung ist unsicher, da nicht genau bekannt ist, wie lange das Tier noch gelebt hat.

Wenn man die Zersetzungsgröfse der letzten Tage und deren Temperaturen betrachtet und die Abnahme des Körpergewichts und des N-Bestandes berücksichtigt, könnte man daran denken, dafs der Tod die Folge von Inanition gewesen sei. Dem widerspricht aber die Zusammensetzung der Organe nach dem Tode. Die Untersuchung ergab:

Muskel . . . . . . . . Trockensubstanz 25,52%
in der Trockensubstanz N = 11,96%
Fett = 22,32 »

Leber . . . . . . . . . Trockensubstanz 24,02%
in der Trockensubstanz N = 11,455%
Fett = 12,14 »

Digitized by Google

Die ganze Berechnung der Wärmeproduktion beruht auf zwei Voraussetzungen:

1. dafs nur Eiweifs und Fett vom Körper verbrannt worden sei. Diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, indem sicher auch Glykogen verbrannt wurde.[1])

Doch ist dieser Fehler nicht bedeutend. Wenn wir den Glykogengehalt des Körpers zu 70 g annehmen, was sicher zu hoch ist, so wären darin 31,1 g C enthalten, diese würden also statt aus Fett aus Glykogen stammen. Da nun 1 g C aus Fett 12,31 Kal. liefert, 1 g C aus Glykogen nur 9,43 (1 g Glykogen = 4191 Kal.), so würden 99,6 Kal. zu viel berechnet sein. Wenn wir ferner annehmen, der ganze Glykogenbestand des Körpers sei in der Zeit vom 26. Juni bis 6. Juli zersetzt worden, so würde der Fehler 1,6% ausmachen. Das ist aber wohl nicht der Fall, sondern es ist wahrscheinlich, dafs die Glykogenzersetzung in den ersten Fiebertagen gröfstenteils beendet gewesen sei[2]), so dafs wir hier vielleicht einen Fehler von wenigen Prozenten hätten. Doch ist der Glykogengehalt mit 70 g sicher viel zu hoch angesetzt, da z. B. Schöndorff[3]), dem es darauf ankam, möglichst hohe Glykogensätze zu erzielen, doch in einem Fall nur einen Glykogengehalt von 7,3% des Körpergewichtes fand. Und unser Hund befand sich schon bei Beginn des Versuches in Unterernährung, indem er in den vorhergehenden 24 Tagen 500 g an Gewicht verloren hatte. Wir können also diesen Fehler vernachlässigen.

2. Die andere Voraussetzung ist die, dafs Eiweifs und Fett, abgesehen von den Verlusten in Harn und Kot, bis zu den Endprodukten verbrannt worden und keine Zwischenprodukte im Körper zurückgeblieben seien. Nun wird eine solche Retention bisweilen angenommen, um den im Fieber beobachteten niedrigen respiratorischen Quotienten zu erklären.[4]) Aber abgesehen da-

1) Rubner, Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXX, 119, und May, ebendaselbst, Bd. XXX.

2) Manassein (Virchows Archiv, 56, S. 244) fand junge Hunde nach mäfsigem Fieber nach 8 Tagen glykogenfrei.

3) Pflügers Archiv, 99, S. 191.

4) Riethus, Archiv f. experim. Path. u. Pharm., 45, S. 239.

Digitized by Google

von, dafs diese Erniedrigung nicht regelmäfsig vorhanden ist und anders erklärt werden kann[1]), kann es sich höchstens um kleine Mängel handeln, welche auf unsere Resultate keinen nachweisbaren Einflufs haben könnten.

Ein Teil der Wärmeproduktion wird dazu verwendet, den Körper zu erwärmen, doch beträgt dieser Wärmeverbrauch, da die spezifische Wärme des Körpers nahezu = 1 ist[2]), nur eine Kal. pro kg, kann also vernachlässigt werden.

Eine andere Korrektur ist viel wichtiger. Die Körpertemperatur ist nicht nur abhängig von der Wärmeproduktion, sondern auch diese von jener. Nach Frank und Voit[3]) beträgt die Mehrung der $CO_2$-Ausscheidung für einen Grad Temperaturerhöhung 7 %.[2]) Wenn wir diese Korrektur auf die Wärmeproduktion der Vorperiode anwenden, erhalten wir folgende Vergleichszahlen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 36° | pro | kg | 52,2 Kal. | pro | qm | 897 |
| 37° | » | » | 55,9 » | » | » | 960 |
| 38° | » | » | 59,80 » | » | » | 1027 |
| 39° | » | » | 64,1 » | » | » | 1099 |
| 40° | » | » | 68,6 » | » | » | 1176 |

Wenn wir damit die Zahlen der Fiebertage vergleichen, so sind es, abgesehen von der unsicheren Periode, namentlich drei, der 26./27. Juni, der 27./28 Juni und der 5./6. Juli, an denen die Wärmeproduktion darüber hinaus gesteigert ist. Es frägt sich nun, wieviel von dieser Mehrzersetzung aus Eiweifs herrührt.[4]) Wenn wir den Anteil der Wärmeproduktion, der aus Zerfall von Körpereiweifs stammt, subtrahieren, so erhalten wir:

| | pro Kilo Körpergewicht | pro qm Oberfläche |
|---|---|---|
| 26./27. Juni . . . . . . | 78,91[5]) | 1342[5]) |
| 27./28. Juni . . . . . . | 81,77[5]) | 1385[5]) |
| 5./6. Juli . . . . . . . . | 82,51 | 1363, |

1) Vgl. Kraus, Zeitschr. f. klin. Medizin, Bd. 18.

2) Hale White Lancet, 1897, I, S. 1659.

3) Zeitschr. f. Biologie, 42, S. 309.

4) Vgl. über diese Frage: Kraus, Lubarsch-Ostertag, a. a. O. Krehl, Zeitschr. f. allg. Physiol., Bd. I.

5) Resultat nicht absolut sicher.

Digitized by Google

Auf die ersten 2 Tage möchte ich kein zu grofses Gewicht legen, da möglicherweise ein kleiner Fehler vorliegt, dagegen ist der 5./6. Juli ganz zuverlässig, und dieser zeigt (bei einer mittleren Temperatur von 39,2) eine ganz erhebliche Steigerung gegenüber dem Wert der 39° entspricht. Aber es ist aufserdem nicht angängig, in dieser Weise die durch Mehrzersetzung von Eiweifs bedingte Wärmeproduktion von der anderen zu subtrahieren, denn wenn es sich wirklich nur um einen toxogenen Eiweifszerfall handelte, so müfste die dabei frei werdende Wärme Fett vor Zerfall schützen, und zwar eine isodyname Menge, nur vermindert um den Betrag, der der spezifisch dynamischen Wirkung des

Tabelle II.

| Datum | Kalorien der Nahrung | Kalorien an Körperzersetzung | | Summe | Wärmeproduktion (Summe nach Abzug der Kal. in Harn und Kot) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | an Eiweifs | an Fett | | |
| 10./18. VI. Mittel | 585 | — 4,0 | 61,55 | 642,05 | 510,0 |
| 18./19. VI. | — | 81,25 | 496,7 | 577,9 | 549,9 |
| 19./20. » | 585 | — 2,07 | 66,9 | 631,1 | 525,0 |
| 20./21. » | 585 | — 1,72 | 269,6 | 837,3 | 687,0 |
| 21./22. » | 585 | — 8,3 | — 121,9 | 454,8 | 341,4 |
| 22./23. » | 413 | 36,75 | 91,1 | 540,8 | 425,1 |
| 23./24. » | 585 | 4,5 | — 2,4 | 587,1 | 469,3 |
| 24./25. » | 585 | 10,0 | 46,7 | 641,7 | 521,4 |
| 25./26. » | 585 | 11,5 | 81,2 | 677,7 | 556,9 |
| 26./27 » | 585 | 26,5 | 179,7 | 791,2 | 675,2 |
| 27./28. » | 585 | 70,0 | 206,6 | 861,6 | 729,3 |
| 28.VI. 5 VII. Mittel | 451 | 62,5 | 276,0 | 790,5 | 665,2 |
| 5./6. VII. | 418 | 37,2 | 319,8 | 775,0 | 658,8 |
| 6./7. » | 418 | 60,2 | 165 | 643 | 527 |
| 7./8. » | 209 | 90,9 | 277 | 577 | 482 |
| 8./9. » | 209 | 179,4 | 252 | 640 | 553 |
| 9./10. » | — | 154,5 | 387 | 541 | 391 |
| 10./11. » | — | 80,5 | 404 | 484 | 384 |
| 11./12. » | — | 84,2 | 337 | 421 | 366 |
| 12./13. » | — | 76,2 | 600 | 667 | 650 |

Digitized by Google

zersetzten Eiweifses entsprechen würde. Einen Mafsstab über den Teil, welchen die vermehrte Eiweifszersetzung an der Mehrung der Wärmeproduktion hat, gewinnen wir auch aus der Berechnung der Prozente, mit welchen sich das Eiweifs an der Verbrennung beteiligt. Die Werte sind in Tabelle 2 eingetragen. Wir sehen, dafs das Eiweifs einen etwas gröfseren Anteil an der Gesamtwärmeproduktion hat als in der Vorperiode, doch wird diese Steigerung erst in der Periode der sinkenden Temperaturen erheblich (bis 35,8 % gegenüber 20,3 %). Wir müssen also für die Tage der starken Steigerung des Stoffwechsels neben dem toxogenen Eiweifszerfall noch einen toxogenen Fettzerfall annehmen

Tabelle II.

| Das Eiweifs beteiligt sich an der Zersetzung | | Kal. aus Wasserverlust | Kal. aus Leitung u. Strahlung | Der Wärmeverlust durch Verdunstung beträgt in % | Kal. pro kg | Kal. pro qm | Temperatur | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mit Kal. | in % | | | | | | abends | morgens |
| 103,4 | 20,3 | 74,1 | 518,9 | 14,3 | 59,80 | 1027 | — | — |
| 81,2 | 14,8 | 67,1 | 482,8 | 12,2 | 65,24 | 1116 | 38,1 | 37,9 |
| 96,5 | 18,4 | 67,3 | 457,7 | 12,4 | 63,63 | 1081 | 37,9 | 37,9 |
| 100,0 | 14,6 | 132,7 | 554,3 | 19,3 | 83,79 | 1425 | 38,3 | 38,0 |
| 109,0 | 31,9 | 88,1 | 253,3 | 25,9 | 41,54 | 705 | 38,2 | 38,0 |
| 112,5 | 26,5 | 72,2 | 352,9 | 17,0 | 51,22 | 872 | 38,7 | 38,1 |
| 121,7 | 25,9 | 83,6 | 385,7 | 17,8 | 58,30 | 982 | 38,3 | 39,4 |
| 127,5 | 24,5 | 88,4 | 433,0 | 17,0 | 63,89 | 1081 | 39,5 | 38,3 |
| 128,2 | 23,0 | 81,7 | 475,2 | 14,7 | 68,25 | 1154 | 37,7 | 39,6 |
| 143,2 | 21,2 | 24,9 | 550,3 | 18,5 | 81,64 | 1388 | 40,1 | 39,6 |
| 187,5 | 25,7 | 106,0 | 623,0 | 14,5 | 88,88 | 1507 | 39,2 | 37,9 |
| 147,2 | 22,1 | 121,8 | 543,4 | 18,3 | 83,71 | 1404 | — | — |
| 115,0 | 17,5 | 112,6 | 546,2 | 17,1 | 86,68 | 1432 | 38,5 | 39,9 |
| 147 | 27,9 | 160,0 | 467,0 | 30,4 | 69,81 | 1150 | 39,8 | 40,4 |
| 127 | 28,4 | 93,4 | 389 | 19,4 | 65,57 | 1070 | 39,4 | 39,5 |
| 198 | 35,8 | 78,1 | 465 | 14,1 | 76,49 | 1240 | 38,2 | 38,8 |
| 140 | 35,8 | 69,2 | 322 | 17,7 | 55,86 | 900 | 37,7 | 36,4 |
| 73 | 19,0 | 78,5 | 306 | 20,4 | 58,09 | 920 | 36,4 | 35,5 |
| 84 | 23,0 | 100,7 | 265 | 27,2 | 57,73 | 900 | 35,5 | 35,9 |
| 25 | 3,8 | 100 | 550 | 15 | 105 | 650 | — | — |

Digitized by Google

oder wir kommen auf die alte Anschauung zurück, dafs das Fieber keine direkte Wirkung der Infektion auf die gesammelten Zellen des Organismus, sondern eine Störung der Wärmeregulation ist.

Es ist natürlich nicht bewiesen, dafs in jedem Fall von Fieber auch der Fettstoffwechsel gesteigert ist, sondern das scheint die Ausnahme zu bilden. Namentlich die Versuche von May, der den ganzen Stoff- und Kraftwechsel im Fieber untersucht hat, beweisen, dafs es in der Regel nicht der Fall ist. Doch können sich die verschiedenen Infektionen verschieden verhalten.

Die Verteilung der Wärmeabgabe auf Wasserverdunstung einesteils, Leitung und Strahlung anderseits können wir berechnen, wenn wir annehmen, dafs durchschnittlich 1 g verdunstetes Wasser 600 g Kal. entspricht.

Die Wasserdampfausscheidung setzt sich zusammen aus dem von der Lunge ausgeschiedenen und dem von der Haut bzw. der Mundschleimhaut abgesonderten Wasser. Sie zeigt folgende Mittelwerte:

| | Gramm pro Kilo Körpergewicht | Gramm pro qm Oberfläche |
|---|---|---|
| Vorperiode . . . . . . . . . . | 14,46 | 248,8 |
| Inkubations und Prodromalperiode | 17,265 | 292,2 |
| I. Fieberperiode . . . . . . . | 20,38 | 345,4 |
| II. Fieberperiode . . . . . . . | 25,79 | 431,2 |
| III. Fieberperiode . . . . . | 27,01 | 444,8 |
| Schlufsperiode . . . . . . . . | 20,18 | 320,35 |

Die Wasserdampfausscheidung steigt also schon im ersten Stadium der Infektion an, stärker in der Fieberzeit, um in der letzten Zeit wieder etwas zu sinken. Doch ist zu bemerken, dafs die Zahlen teilweise etwas zu hoch sind, da bisweilen etwas Urin im Kalorimeter gelassen wurde und zum Teil verdunstete. So sind in den Fieberperioden an einzelnen Tagen Urinmengen verdunstet, die, aus der Farbe des zurückgelassenen Harns zu schliefsen, bis zu 50 ccm betragen haben mögen. Das betrifft namentlich die Tage mit den scheinbar besonders hohen Wasser-

Digitized by Google

dampfausscheidungen. Während der letzten Periode wurde nachts immer Urin gelassen, so dafs hier die Zahlen immer zu grofs erscheinen.

Wenn wir daraus den Wärmeverlust durch Verdunstung berechnen, so haben wir die Zahlen, die in Tabelle 2 eingesetzt sind. Wenn wir die erwähnte Fehlerquelle berücksichtigen, so sehen wir, dafs die Verteilung der Wärmeabgabe auf die verschiedenen Komponenten gegenüber der Norm nicht wesentlich geändert ist. Das stimmt mit den Erfahrungen anderer über die Wärmeabgabe im Fieber[1]).

Wenn wir nun noch die Gesamtzersetzung des Körpers während der ganzen Versuchsdauer berechnen, erhalten wir folgende Werte:

| | Eiweifs zersetzt | Fett zersetzt |
|---|---|---|
| Vorperiode | — 8 | 51 |
| Inkubations- und Prodromalperiode | 17 | 73 |
| I. Fieberperiode | 29 | 49 |
| II. Fieberperiode | 110 | 204 |
| III. Fieberperiode | 47 | 79 |
| Nachperiode | 143 | 175 |
| | 329 | 631 |

| | |
|---|---|
| Die Gewichtsabnahme beträgt | 2840 |
| Zersetzung von Körpersubstanz | 960 |
| also Wasserverlust | 1880 |

Wasserbilanz.

| | |
|---|---|
| Trinkwasser | 6200 |
| Wasser im Hundekuchen | 315 |
| Oxydationswasser der Nahrung (nach Abzug des H im Harn und Kot) | 1625 |
| Oxydationswasser aus Körpereiweifs | 210 |
| Oxydationswasser aus Körperfett | 680 |
| Summe der Einnahmen | 9030 |

[1]) Vgl. Krehl, a. a. O.

Digitized by Google

| | |
|---|---|
| Wasser im Harn . . . . . . . . . . . . . | 4530 |
| Wasser im Kot . . . . . . . . . . . . . | 1540 |
| In der Respiration . . . . . . . . . . . . | 5155 |
| Summe der Ausgaben | 11225 |
| Differenz von Einnahmen und Ausgaben . . | 2195 |
| Berechnet aus der Stoffzersetzung . . . . | 1880 |

Zum Schlufs spreche ich Herrn Geheimrat Professor M. Rubner für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen ergebenen Dank aus.

Digitized by Google

# Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot.

## XIII. Einige Beiträge zur Kenntnis der Mehl-, Teig- und Brotsäuren.

Von

Dr. **Dombrowsky,**

Oberstabsarzt aus Rußland.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg. Direktor: Prof. Dr. K. B. Lehmann.)

Die Azidität des Mehles, des Teiges und des Brotes ist bekanntlich in hygienischer Beziehung von nicht geringer Bedeutung. Die Azidität des Mehles wird dann in Betracht gezogen, wenn es sich darum handelt, über die Beschaffenheit des Mehles zu urteilen. So sagt z. B. Scherpe[1]): »Die Azidität wird in dem Verhältnis, wie sich die Beschaffenheit des Mehles verschlechtert, erhöht und ist bereits bei geringem, an äufseren Merkmalen nicht leicht erkennbarem Grade des Verderbens von derjenigen guten Mehles wesentlich verschieden.« Die Azidität des Brotes ist sowohl hinsichtlich des Geschmacks, wie auch hinsichtlich der Verdaulichkeit und Assimilierbarkeit von Bedeutung. Wenn auch die Beteiligung der Mikroorganismen an allen Prozessen, welche die Umwandlung des Mehles in Teig und Brot bewirken, aufser jedem Zweifel steht, so kann nichtsdestoweniger die Bedeutung der einzelnen Mikroorganismen, welche aus Mehl und

---

1) Dr. R. Scherpe, Die chemischen Veränderungen des Roggens und Weizens beim Schimmeln und Auswachsen. Zeitschr. f. Unters. d. Nähr- u. Genufsmittel, 1899, S. 556.



Digitized by Google

aus saurem Teig isoliert worden sind, bei weitem noch nicht als vollständig aufgeklärt angesehen werden. »Für die Bäckerei«, sagt Maurizio[1]) in seinem lehrreichen Buche, »kommen nur diejenigen Bakterien des Mehles in Betracht, welche Gase oder Säuren erzeugen. Die gaserzeugenden Bakterien sind am besten bekannt, während die eigentlichen Säurebildner, welche bei der Lagerung des Mehles jedenfalls eine hervorragende Rolle spielen, des näheren Studiums harren«. Die Frage der Wechselbeziehungen zwischen diesen Mikroorganismen und der eventuellen Azidität des Mehles und des Teiges sowohl in qualitativer wie in quantitativer Beziehung harrt noch ebenso des Studiums wie die Frage der Bedeutung dieser Wechselbeziehungen überhaupt.

## I. Azidität des Mehles.

In bezug auf die Reaktion des Mehles kann man die These als allgemein akzeptiert betrachten, welche Maurizio[2]) folgendermaſsen formuliert: »Das Mehl besitzt eine neutrale oder kaum saure Reaktion. Ein hoher Säuregehalt des Mehles weist auf Verdorbensein hin«. Um bei der Arbeit eine genaue Vorstellung von dem Grade der Azidität des Mehles zu haben, habe ich mir vorgenommen, die Azidität des Mehles verschiedener Provenienz zu bestimmen. Bei der Bestimmung der Azidität bediente ich mich der Methode des direkten Titrierens der Aufschwemmung des Mehles mit einer Lösung von $^1/_5$ Normalnatronlauge unter nachträglicher Berechnung auf Normalnatron und 100 g Mehl.

50 g von der jeweiligen Mehlsorte wurden mit 200 ccm Wasser verrührt und die Mischung titriert, wobei Phenolphthalein als Indikator Verwendung fand. Mittels dieses einfachen Verfahrens habe ich die Azidität von 10 Proben Roggenmehl und 10 Proben Weizenmehl verschiedener Provenienz bestimmt und dann die Berechnung auf Trockensubstanz und Milchsäure ausgeführt.

1) Maurizio, Getreide, Mehl und Brot, 1902, S. 233.

2) Maurizio, a. a. O., S. 274.

Digitized by Google

Die Resultate sind aus folgenden Tabellen zu ersehen:

Tabelle I.

**Roggenmehl.**

| | Fränkisches Mehl | | | | Hessen | Sachsen | Rheinpfalz | | Schlesien | Ostpreußen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Azidität, Mehl direkt titriert $^1/_5$ n Natron berechnet. Auf 100 g Mehl in Normalnatron** | 5,3 | 5,0 | 3,5 | 4,9 | 4,7 | 5,7 | 4,7 | 4,9 | 4,3 | 4,9 |
| **Azidität, berechn. auf Trockensubst. u. Milchsäure ($C_3H_6O_3$)** | 0,52 | 0,51 | 0,36 | 0,5 | 0,49 | 0,58 | 0,48 | 0,5 | 0,44 | 0,51 |
| **Wassergehalt des Mehles** . | 10,7 | 12,4 | 12,9 | 12 | 12,7 | 12,6 | 12,7 | 12,7 | 12,4 | 13,2 |

Tabelle II.

**Weizenmehl.**

| | Fränkisches Mehl | | Arnstat Thüringen | Budapest | Hannover | Baden | Ludwigshaven | Mannheim | Eßlingen Württembg. | Elsaß |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **Azidität, direkt titriert und berechnet auf 100 g Mehl in Normalnatron** . . . . | 3,3 | 3,5 | 3,8 | 2,3 | 3,5 | 2,6 | 2,6 | 3,4 | 2,6 | 2,9 |
| **Azidität, berechn. auf Trockensubst. u. Milchsäure ($C_3H_6O_3$)** | 0,33 | 0,36 | 0,4 | 0,23 | 0,36 | 0,27 | 0,27 | 0,35 | 0,26 | 0,29 |
| **Wassergehalt** . . . . . . | 12,4 | 13,5 | 14,5 | 11,7 | 13,2 | 13,4 | 13,4 | 13,0 | 12,2 | 12,7 |

Die Azidität der von mir untersuchten Mehlproben bewegte sich für Roggenmehl zwischen 0,36% und 0,52%, für Weizenmehl zwischen 0,23% und 0,4%.

Die von mir für Roggenmehl erhobenen Werte gehen mit denjenigen konform, die von anderen Autoren festgestellt worden sind. So hat beispielsweise Thal[1]), der sich bei seinen Untersuchungen des Lackmuspapieres als Indikators bedient hat, die Azidität des Roggenmehls mit 0,328 berechnet. Dagegen weichen

1) **Thal**, Pharmazeut. Zeitschr. f. Rufsland, 1894, S. 641. Zit. nach **Scherpe**: Die chemischen Veränderungen des Roggens etc.

meine Befunde aber von denjenigen ab, die von Scherpe festgestellt worden sind, und aus diesem Grunde habe ich das Mehl mehrere Male auf Azidität unter strenger Befolgung der von Scherpe[1]) gemachten Vorschriften untersucht. 10 g des Mehles wurden 4 Stunden lang mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur unter häufigem Schütteln ausgezogen, und nachdem auf 250 ccm aufgefüllt worden war, wurde filtriert und in 50 ccm der Lösung die Azidität bestimmt. Ohne mich auf Titrieren der ersten 50 ccm-Portion des Filtrates zu beschränken, bestimmte ich mittels Titrierens die Azidität einer zweiten und einer dritten 50 ccm- Portion des Filtrats. Hierauf wurde der Filter mittels Glasstäbchens durchbohrt und in der jetzt ablaufenden trüben Flüssigkeit gleichfalls die Azidität bestimmt; schliefslich wurde der auf dem Filter zurückgebliebene Rest mit destilliertem Wasser abgespritzt und gleichfalls titriert. Das gewonnene Resultat ist aus der nächstfolgenden Aufstellung zu ersehen:

a) Durch direktes Titrieren von 50 g Roggenmehl + 200 ccm Wasser wurde Azidität des Mehles zu 5,3 gefunden. (Berechnet auf Normalnatron und 100 g Mehl.)

b) Durch Titrieren nach der Methode von Scherpe:

| | |
|---|---|
| 1. auf 50 ccm Filtrat wurden verbraucht | 0,6 ccm $^1/_{10}$ nNaHO. |
| 2. » 50 » » » » | 0,6 » » » |
| 3. » 50 » » » » | 0,6 » » » |
| 4. in der flüssigen Mischung nach Durchbohrung des Filters mittels Glasstäbchens | 2,0 » |
| 5. im Rückstand abgespritzt vom Filter mit 100 ccm destillierten Wassers . . | 1,2 » |
| im ganzen | 5,2. |

Hätte ich mich nur mit Titrierung der ersten Portion des Filtrats begnügt und nach dieser die Azidität berechnet, so hätte ich weit geringere Zahlen erhalten, in unserem Falle 3,0.

1) Scherpe, Die chemischen Veränderungen des Roggens und Weizens beim Schimmeln und Auswachsen. Arbeiten aus d. Kais. Gesundheitsamt, Bd. XV, S. 401.

Digitized by Google

Scherpe[1]) bespricht seinerseits die Differenz zwischen der von ihm festgestellten Azidität und der von den übrigen Autoren erhobenen, die, wie z. B. Thal, gröfsere Werte erhalten haben, und führt diese Differenz darauf zurück, dafs er Phenolphthalein als Indikator verwendet, während Thal sich des Lackmuspapiers bedient hatte. Dieser Erklärung kann man sich jedoch nicht ohne weiteres anschliefsen, da aus den Arbeiten des Prof. Lehmann[2]), wovon ich mich auch bei meinen Experimenten überzeugt habe, hervorgeht, dafs man bei der Verwendung von Lackmustinktur und Lackmuspapier als Indikator durchweg geringere Zahlen für die Azidität erhält und keineswegs gröfsere als diejenigen, die bei der Verwendung des Phenolphthaleins erhoben werden.

Der Unterschied kommt vielmehr in erster Linie davon her, dafs Scherpe nur die löslichen gegen Phenolphthalein sauer reagierenden Körper bestimmt.

Die im vorstehenden angeführten Mehlproben (Tabelle I) waren trotz des verschiedenen Aziditätsgrades sämtlich backfähig.

Aus den vorstehenden Ausführungen schliefse ich:

Durch direkte Titrierung des mit Wasser angemischten Mehls findet man pro 100 g Mehl 1—2 ccm Normalsäure mehr als durch Titrierung des Wasserauszugs. Eine Untersuchung, welche unlösliche Körper diese Mehrazidität bei der direkten Bestimmung ergibt, habe ich nicht angestellt, es liegt nahe zu vermuten, dafs die Eiweifskörper kleine Säuremengen zu binden vermögen. Zu einem ähnlichen Schlusse ist Prof. Lehmann auch für das Brot gekommen.

## II. Azidität des Teiges.

Die Azidität des Teiges ist nach einigem Stehen ohne Zusatz eines Lockerungsmittels höher als die Azidität des Mehles, aus dem der Teig hergestellt ist. Die Azidität des Mehles steigt in dem aus dem betreffenden Mehle hergestellten Teige unter dem Einflufs von verschiedenen auf das Mehl einwirkenden Faktoren.

1) Scherpe, a. a. O., S. 423 (Arbeiten aus d. Kais. Gesundheitsamt).

2) Prof. Dr. Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. X. Archiv f. Hygiene, XLIV. 223.

Digitized by Google

Unter diesen Faktoren spielen eine hervorragende Rolle, wie es Prof. Lehmann[1]) durch seine experimentellen Untersuchungen erwiesen hat: 1. Die Dauer der Gärung und 2. die Temperatur. Zu diesen beiden Faktoren, welche die Zunahme der ursprünglichen Azidität des Mehles in dem aus demselben hergestellten Teige bewirken, möchte ich mir erlauben, noch einen dritten Faktor hinzuzufügen, den ich bei meinen Untersuchungen habe stets in Betracht ziehen müssen, nämlich das Quantum des bei der Herstellung des Teiges zur Verwendung gelangenden Wassers. Die Resultate der Experimente, die ich zur Begründung dieser Frage vorgenommen habe, sind aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen, aus der zugleich der Einflufs der Dauer der Gärung hervorgeht.

Tabelle III.

**Einflufs des zugesetzten Wasserquantums (auf 100 g Roggenmehl und Normalnatron berechnet).**

| Dauer der Gärung | 50 g Mehl u. 25 ccm Wasser 1 : 0,5 | | 50 g Mehl u. 100 ccm Wasser 1 : 2 | | 50 g Mehl u. 200 ccm Wasser 1 : 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 Stunden | I 5,6; | II 5,6 | I 6; | II 6,2 | I 10,8; | II 11,2 |
| 7 » | 7; | 7,2 | 9,2; | 9,4 | 12,8; | 12,8 |
| 12 » | 12,8; | 12,8 | 23,4; | 23,4 | 29,8; | 30,2 |
| 20 » | 16,4; | 16,8 | 52,8; | 53,2 | 56,4; | 56,4 |

Die horizontalen Kolumnen der vorstehenden Tabelle dokumentieren den Einflufs des Wasserquantums auf die Säurebildung. Die vertikalen Kolumnen lassen den Einflufs der Dauer der Gärung erkennen. Die Werte der vorstehenden Tabelle berechtigen meines Erachtens zu folgendem Schlufs: Der Einflufs des Wasserquantums bei der Herstellung des Teiges auf die Azidität des Teiges läfst die volle Bedeutung der Konzentration des Teiges für die Säurebildung hervortreten, und zwar in dem Sinne, dafs eine Gärung des Teiges nur bei einer gewissen Konzentration desselben vor sich gehen kann. Offenbar wirkt in erster Linie der Wassermangel resp. die Nährstoffkonzentration direkt

1) Prof. Dr. Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. III. Archiv f. Hygiene, Bd. XIX, S. 406 u. ff.

Digitized by Google

störend, sodann wird wohl die relativ stärkere Säurekonzentration in den wasserärmeren Teigen eine hemmende Rolle spielen.

Zur Analyse der Bestandteile, welche die Gesamtsäure des spontan gesäuerten Teiges bilden, mufste man eine Methode zur Extrahierung dieser Bestandteile mittels Wassers zu finden suchen. Vor allem machte ich den Versuch, dies durch Verwendung der Mariotteschen Flasche und des Soxhletschen Extraktionsapparates zu erreichen, die sich Professor Lehmann[1]) bei seinen Experimenten mit Brot sehr gut bewährt haben. Bei den Experimenten mit Teig mufste man, um die Bestandteile desselben mittels Wassers zu extrahieren, jedoch vor allem die Plastizität des Teiges beseitigen. Die zahlreichen in dieser Richtung gemachten Versuche, bei denen der Teig (50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser) in verschiedenen Proportionen bald mit Bimsstein, bald mit Glasperlen vermengt wurde, haben keine ermunternden Resultate ergeben. Der Teig wurde in Scheiben geschnitten, mit Bimssteinzwischenschichten versehen (das Ganze war mit einer Hülle aus Gaze umgeben) und in den Extraktionsapparat gebracht, auf dessen Boden gröfsere Bimssteinstückchen lagen, damit die Öffnung unten frei bliebe; dann wurde aus der Mariotteschen Flasche destilliertes Wasser tropfenweise ausfliefsen gelassen, und auf diese Weise erreicht, innerhalb 8—9 Stunden durch den Teig 1 l Flüssigkeit zu leiten.

Die dabei gewonnenen Resultate sind aus folgendem zu ersehen:

Auszüge mit der Mariotteschen Flasche:

Verteilung der Säure auf Auszug und Rückstand. Direkt titriert und auf Normalnatron berechnet:

| | Im wässerigen Auszug | Im Rückstand | % extrahierte Säure |
|---|---|---|---|
| I. 50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser (Bimsstein) | 0,96 | 4,2 | 20 |
| II. 50 » » » 25 » » | 1,4 | 3,8 | 25 |
| III. 50 » » » 25 » Wasser (Glasperlen) | 1,3 | 4,1 | 24 |

1) Prof. Dr. Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. X. Archiv f. Hygiene, Bd. XLIV, S. 222.

Digitized by Google

Da die von mir erzielten Resultate keineswegs als befriedigende betrachtet werden konnten, sah ich mich veranlafst, nach einer anderen Methode zur Extrahierung der Bestandteile, welche die Gesamtsäure bilden, mittels Wassers zu suchen. Nach einer Reihe von mifslungenen Versuchen wurde beschlossen, zum Ausneten des Teiges unter Wasser zu greifen. Es wurden 3—4 Portionen Teig (aus je 50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser) hergestellt; in 2 Portionen wurden die Gesamtsäure mittels direkten Titrierens bestimmt; die dritte Portion wurde in ein beutelförmiges Stück Rohnessel gehüllt, das in Sodalösung zuvor ausgekocht und dann vollkommen ausgewaschen war. Der Teig wurde samt dem ihn bedeckenden Teil des Stoffes in eine mit 200 ccm destillierten Wassers gefüllte Porzellanschale versenkt und dann 3 Minuten lang unter Wasser sanft geknetet; hierauf wurde die Flüssigkeit in einen Mefszylinder gegossen. In derselben Weise wurde mit den übrigen vier Wasserportionen verfahren. Das ganze Verfahren nahm 15—20 Minuten Zeit in Anspruch. Die dabei gewonnenen recht befriedigenden Resultate sind aus folgender Zusammenstellung zu ersehen:

Bei dem Auskneten:

| | Im wässerigen Auszug | Im Rückstand | % der extrahiert. Ges.-Säure |
|---|---|---|---|
| I. 50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser extrahiert m. 1 l Wasser | 3,9 | 1,4 | 74 } ca. 75% |
| II. 50 » » » 25 » » » | 4,1 | 1,2 | 76 |
| III. 50 » » » 25 » » » | 4,1 | 1,25 | 76 |

Von der auf diese Weise gewonnenen Flüssigkeit wurde 1 l im Mefszylinder direkt in Eis (nicht in den Eisschrank) für die Dauer von 14—15 Stunden gebracht, während welcher Zeit sich die Stärke auf den Boden des Gefäfses in einer Volumsquantität von 70—80‰ niederschlug; die klar gewordene Flüssigkeit wurde hierauf mittels Pipette abgehoben oder mittels Heber abgezogen und analysiert. Behufs Analyse wurde die gewonnene sauer reagierende Flüssigkeit in Portionen in einen grofsen Destillierkolben, in welchen Kapillarröhrchen aus Glas (Siederöhrchen)

Digitized by Google

versenkt wurden, im Baboschen Blech aufs Gas gebracht und im Vakuum destilliert. Von der ersten Portion (200 ccm) wurde die Hälfte des Destillats zur qualitativen Analyse verwendet; die Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Natron neutralisiert und den Reaktionen auf flüchtige Säuren ($C_2H_4O_2$ und $CH_2O_2$) unterzogen. Die mehrfach ausgeführten Untersuchungen des ohne Zusatz gegorenen Teiges (50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser nach 12 stündigem Stehen im Brutschrank bei 37 ° C) ergaben im Destillat nur die Anwesenheit von Essigsäure; Ameisensäure ($CH_2O_2$) fand sich nicht ein einziges Mal vor. In anderen Fällen bestimmte ich quantitativ die flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren. Ich destillierte 1 l Extrakt bis auf 200 ccm ab; die Säure im Destillat betrachtete ich als Essigsäure. Den Rückstand schüttelte ich mehrmals mit wasserfreiem Äther aus, bis neue Portionen nur noch Säurespuren aufnahmen. Den Säuregehalt des Äthers bezog ich auf Milchsäure, die übrigbleibende Azidität des Rückstandes betrachtete ich als durch saures Phosphat bedingt.

Die in dieser Weise erhobenen Werte betrugen:

Essigsäure ($C_2H_4O_2$) = 50,8 %.
Milchsäure ($C_3H_6O_3$) = 25,3 %.
Saure Phosphate ($KH_2PO_4$) = 22,6 %.

## III. Azidität des Brotes.

»Die Säuren des Brotes« sagt Maurizio[2]) »werden während der Teiggärung gebildet. »Der Backprozefs verringert die Azidität des Teiges. Um festzustellen, wie viel von der Gesamtteigsäure im Brot noch vorhanden ist, verfertigte ich Teige, von dem ein gleicher Teil zur Bestimmung der Azidität verwendet, während aus dem anderen gleichem Teile Brot gebacken wurde, in welchem letzteren dann die Azidität nach der allgemein akzeptierten Methode von Lehmann bestimmt wurde.[3]) In der Mehr-

1) Prof. Lehmann fand Arch. f. Hyg., XLIV, 219 ganz entsprechend meinen Ermittelungen, dafs die flüchtigen Säuren meist doppelt so reichlich waren als die Menge der nichtflüchtigen ätherlöslichen Säure.

2) Maurizio, a. a. O., S. 274.

3) Prof. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, S. 427.

Digitized by Google

zahl der Fälle wurde jedoch der Teig aus den Bäckereien genommen, wobei ich selbst von dem Brotleib 1/4 abschnitt, bevor dasselbe in den Ofen gesetzt wurde. In diesem aus den Bäckereien geholten Teige, sowie in dem aus demselben gebackenen Brot wurde in gleichem Teiggewicht die Azidität bestimmt. Die gewonnenen Resultate sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Tabelle IV.

| | Dauer der Gärung in Stunden | In gleichem Teiggewicht | | Quantität der aus dem Teig in das Brot übergegangen. Gesamtsäure in % | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Azidität des Teiges | Azidität des Brotes | | |
| | | **Roggenbrot.** | | | |
| 1. | 6 | 5,6 | 2,2 | 39,2 % | * |
| 2. | — | 5,9 | 2,0 | 33,9 » | * |
| 3. | 5—7 | 10,0 | 8,2 | 82 » | |
| 4. | — | 8,6 | 6,2 | 72 » | |
| 5. | — | 8,7 | 6,5 | 74,7 » | |
| 6. | — | 8,4 | 6,2 | 73,8 » | * |
| 7. | — | 9,5 | 7,6 | 80 » | * Schlecht ausgebacken, ungenießbar. |
| 8. | 48 | 27,6 | 21,0 | 86,9 » | |
| | | 84,3 | 62,9 | 74,61 % | |
| | | **Graubrot.** | | | |
| 9. | 5—7 | 9,6 | 7,5 | 78,1 % | |
| 10. | — | 11,6 | 9,1 | 78,4 » | |
| 11. | — | 10,4 | 6,9 | 66,3 » | |
| 12. | — | 12,2 | 8 | 65,5 » | |
| 13. | — | 12,4 | 8 | 64,5 » | |
| | | 56,2 | 39,5 | 70,28 % | |
| | | **Weizenbrot.** | | | |
| 14. | — | 5,5 | 2,9 | 52,7 % | |
| 15. | — | 5 | 2,8 | 56 » | |
| 16. | — | 4,9 | 3,2 | 65,3 » | |
| 17. | — | 4,2 | 2,7 | 64,2 » | |
| 18. | — | 5 | 2,8 | 56 » | |
| | | 24,6 | 14,4 | 58,5 % | |

Aus den in der vorstehenden Tabelle verzeichneten Werten ersehen wir, dafs beim Backen von Roggenbrot ca. 75 %, beim

*) Bedeutet von mir selbst und nicht in der Bäckerei ausgeführte Ausbackung.

Digitized by Google

Backen von Graubrot ca. 70% und beim Backen von Weizenbrot ca. 58,5% der Gesamtsäure aus dem Teig in das Brot übergehen.

## IV. Versuche über Säurebildung durch verschiedene Mikroorganismen im sterilen Mehle.

Die Anteilnahme der Mikroorganismen an der Säurebildung in sämtlichen Stadien der Bereitung des Brotes ist durch die Untersuchungen einer ganzen Reihe von Forschern als Tatsache festgestellt und unterliegt heutzutage keinem Zweifel. Prof. Lehmann[1]) sagt: »Alle mit Sauerteig bereiteten Brote sind sauer, und zwar konnte einmal — dies ist noch nicht näher untersucht — die Art des Sauerteiges resp. der darin enthaltenen Bakterien von Einflufs nicht nur auf die Säureart, sondern auch auf die Säuremenge sein.« Um jedoch die Rolle, welche die einzelnen Mikroorganismen in diesem Prozefs unter Ausschlufs jeglicher Konkurrenz spielen, zu ergründen, war es vor allem erwünscht, ein steriles Mehl zu besitzen.

### a) Sterilisierung des Mehles.

Bevor ich das Verfahren beschreibe, dessen ich mich bei der Sterilisierung des Mehles bedient habe, möchte ich mir erlauben, diejenigen Methoden zu schildern, die andere Autoren zu demselben Zwecke verwendet haben.

Peters[2]) gewann steriles Mehl durch trockenes Erhitzen auf 120°, während Wolffin[3]) mit dieser Methode stets negative Resultate erhielt: es zeigte sich nämlich, dafs sporenbildende Bakterienarten die Hitze überstanden. Wolffin gebrauchte zur Sterilisierung des Mehles die von Wollny für allerlei organische Stoffe vorgeschlagene Methode, die in Anwendung von Äther besteht. »Indem ich in dieser Weise arbeitete«, sagt Wolffin, »hatte ich in 3—6 Tagen stets mit Äther überschichtetes Mehl

---

1) Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. X. Archiv f. Hygiene, Bd. XLIV, S. 405.

2) Peters, Die Organismen des Sauerteigs und ihre Bedeutung für die Brotgärung. Botan. Zeitung, 1889, Nr. 25 u. ff.

3) Wolffin, Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Sauerteiggärung. Inaug.-Dissert., 1894, S. 40.

Digitized by Google

steril.« Holliger[1]) hat unter solchen Bedingungen gleichfalls stets steriles Mehl gewinnen können. Dagegen hat Budinoff[2]) Roggenmehl, selbst wenn er es 14 Tage unter Äther hielt, nicht steril machen können. Indem er das Mehl ½ Stunde lang im Autoklaven einem Druck von 2 Atmosphären aussetzte, gewann zwar Budinoff steriles Mehl, es trat aber dabei eine Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Mehles ein, und zwar derart, dafs die Mikroorganismen des Sauerteigs, in dieses Mehl hineingebracht, sich nicht entwickelten. Worin die physikalischen und chemischen Veränderungen des Mehles, welche bei der Sterilisierung eintraten, bestanden, sagt Budinoff in seiner Arbeit nicht. Spieckermann und Bremer[3]) bringen folgende, ziemlich komplizierte Methode zur Sterilisierung des Mehles in Vorschlag: »Höchstens 500 g Mehl werden in ein Tuch gewickelt, in einem grofsen Autoklaven in möglichst dünner Schicht ½ Stunde lang bei 122° gehalten. Dann wurde das zu einem Kuchen zusammenbackende Mehl im Mörser aufs feinste gepulvert und in derselben Weise nochmals ½ Stunde lang sterilisiert. Nach dieser Zeit war es leicht gebräunt und völlig krümelig. Nach Zusatz der erforderlichen Wassermenge wurde es dann in Portionen von 500—600 g in die Reinkulturgefäfse gewogen und nochmals ½ Stunde lang im strömenden Wasserdampf sterilisiert.« Dieses Sterilisationsverfahren bringt, wie die Autoren versichern[4]), gröfsere chemische Veränderungen, wie es die Analyse zeigte, nicht hervor.

Um steriles Roggenmehl zu gewinnen, sterilisierte ich zuerst das Mehl mittels Äthers nach der Methode von Wollny. Die ersten beiden Mehlproben habe ich zehn Tage nach dem Überschichten derselben mit Äther genommen. Nach Destillation und

---

1) Holliger, Bakteriologische Untersuchungen über Mehlteiggärung Centralbl. f. Bakt., 1902, S. 410. (Sterilität nach 6 Tagen).

2) Budinoff, Die Mikroorganismen der Schwarzbrotgärung. Centralbl. f. Bakt., II. Abt., Nr. 14/15, S. 458.

3) Spieckermann und Bremer, Landwirtsch. Jahrbücher, 1902, Bd. XXXI, H. 1, S. 109 u. ff. Untersuchungen über die Veränderungen von Futter und Nahrungsmitteln.

4) Spieckermann und Bremer, a. a. O., S. 110.

Digitized by Google

vollständiger Entfernung des Äthers wurden Gelatineplatten ausgegossen und eine Überimpfung des Mehles auf Bouillon gemacht; es stellte sich dabei heraus, dafs das Mehl noch nicht steril war. Als ich nach 14 und 16 Tagen das unter Äther gehaltene Mehl wieder untersuchte, erwies sich das letztere wiederum als nicht steril. Im letzteren Falle fand man auf den Ausstrichpräparaten sporenhaltige Bazillen in Reinkultur. Nach 46 Tagen, seit Beginn der Sterilisation, wurde das ununterbrochen unter Äther gehaltene Mehl wiederum auf Sterilität untersucht, und auch diesmal ergab die Untersuchung ein negatives Resultat: es wurde derselbe Bazillus isoliert. Auf die biologischen Eigenschaften dieses Bazillus komme ich im nachstehenden noch ausführlich zurück. Nachdem ich den Versuch, das Mehl mittels Äther zu sterilisieren, als gescheitert ansehen mufste, schritt ich zur Sterilisation des Mehles durch trockene Hitze im Autoklaven. Ich stellte in den Autoklaven Erlenmeyersche Kolben mit je 50 g Roggenmehl, steigerte den Druck im Autoklaven bis $3^1/_2$ Atmosphären (139°) und liefs diesen Druck auf das Mehl drei Minuten lang einwirken, worauf die Gasflamme gelöscht und der Druck durch Öffnung des Schutzventils bis auf eine Atmosphäre herabgesetzt wurde. Als nun das Mehl nach Abkühlung des Autoklaven aus demselben herausgeholt wurde, erwies es sich bei der Prüfung stets als steril. Der ganze Sterilisationsprozefs spielt sich somit in $1^1/_2$—2 Stunden vollständig ab. Nach der Sterilisierung wird das Mehl leicht bräunlich, kompakter, nahm aber nach mehrmaligem gründlichem Schütteln in dem Kolben sein früheres Ansehen an, wenn es auch etwas dunkel blieb.

Wegen der leichten Veränderungen der Farbe des Mehles bei dessen Sterilisation im Autoklaven bestimmte ich die Zuckerquantität berechnet als Dextrose vor und nach der Sterilisation, d. h. die Veränderung der Zuckerquantität, welche im Mehl unter dem Einflusse des überhitzten Dampfes stattfindet. Die bezüglichen Resultate sind aus Tabelle V (S. 110) zu ersehen.

Aus den Werten, die in der nachstehenden Tabelle enthalten sind, tritt in der Tat eine gewisse Zunahme der Zuckerquantität im Mehle unter dem Einflusse der Hitze deutlich hervor.

Digitized by Google

Tabelle V.

**Zuckergehalt.**

| Roggenmehl | Mittelwert von König[1]), berechnet als Traubenzucker | Aus dem $Cu_2O$ auf Traubenzucker berechnet. (Jodometrisch nach Lehmann) |
|---|---|---|
| Mehl in der natürlichen Substanz . . . . | 3,89 | 3,81 |
| In der Trockensubstanz . . . . . . . . | 4,51 | 4,48 |
| Nach Sterilisierung bei 3½ Atm. } auf Trockensubstanz | — | 4,99 |
| 6 Atmosphären . . . . . . . } auf Trockensubstanz | — | 7,6 |

Wenn ich nun meine eigenen Experimente mit der Sterilisierung von Mehl, sowie auch diejenigen meiner Vorgänger (Peters, Wolffin, Holliger, Budinoff, Spieckermann und Bremer) nochmals überblicke, so glaube ich den Schlufs ziehen zu können, dafs auf die zu erzielenden Resultate aufser dem Sterilisationsverfahren selbst vor allem die Beschaffenheit des Mehles, resp. ein Sporengehalt desselben, den gröfsten Einflufs ausübt.

Die Wollnysche Methode hat sich bei meinen Versuchen als vollständig unwirksam erwiesen.

### b) Über die zur Impfung des sterilen Mehles verwendeten Mikroorganismen.

Die Mikroorganismen, welche ich zu dem sterilen Mehle hinzusetzte, waren: Sieben Bazillenarten, welche Dr. Levy aus Sauerteig isoliert und mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt hat, ferner Bacterium coli, aus menschlichen Fäces isoliert, und ein sporentragender Bazillus, den ich aus Mehl, welches unter Äther gehalten wurde, isoliert habe. Auf die mir von Dr. Levy zur Verfügung gestellten Bazillen (levans II, levans IX, gelber Säurebildner V, gelber Säurebildner VI, gelber Gasbildner III, gelber Gasbildner IV, gelber Gasbildner VI) möchte ich nicht näher eingehen, weil sie in seiner Arbeit von ihm selbst ausführlich beschrieben sind.[2])

1) Nach Prof. Lehmanns Methoden der prakt. Hygiene. Tabelle IX, S. 667.

2) Dr. Fritz Levy, Beiträge zur Bakteriologie der Mehlteiggärung. Archiv f. Hygiene, Bd. XLIX.

Digitized by Google

Hier möchte ich nur mit einigen Worten auf den sporentragenden Bazillus eintreten, den ich aus dem Mehle, welches zum Zwecke der Sterilisation unter Äther gehalten wurde, isoliert habe. Diesen sporentragenden Bazillus, den ich aus den Mehlproben, welche 16 bzw. 46 Tage unter Äther gelegen haben, in Reinkultur isoliert habe, glaubte ich als zu der Bacillus subtilis-Gruppe gehörig betrachten zu können, wenn ich auch nicht in der Lage war, denselben mit einer der bekannten Arten genau zu identifizieren. Die von mir isolierten Bazillen stellen 2—5 $\mu$ lange Stäbchen dar, welche bald kettenartig, bald — häufiger — zu zwei oder zu drei aneinander liegen. Ihre Eigenschaften sind: lebhafte Eigenbewegung, endogene, hellglänzende Sporen; sie färben sich leicht mit den gebräuchlichen Farblösungen; Gram positiv. Auf Bouillon bilden sie ein oberflächliches Häutchen, wobei die Bouillon selbst klar bleibt. Auf Gelatineplatten bilden sie kleine, gelbliche, durchsichtige Kolonien, die am dritten Tage die Gelatine verflüssigen. Im Gelatinestich vom dritten Tage strumpfförmige Verflüssigung. Auf dem schräg erstarrten Agar bildet der Bazillus Kolonien in Form eines trockenen grau-weifsen Rasens. Auf den Kartoffeln anfänglich ein schleimiger Belag, welcher nach 2—3 Tagen in eine grau-weifse, faltige, über die ganze Kartoffel ausgebreitete Auflagerung übergeht. Der Bazillus koaguliert Milch, wobei die Azidität der Milch (Untersuchung nach drei Tagen) 4,2% beträgt. Keine Gasbildung, keine Indolreaktion. Wächst in hoher Schicht (fakultativer Anaerobe). Wächst nicht auf saurem Agar. Nach allen diesen Eigentümlichkeiten steht der von mir isolierte Bazillus dem Bacillus mesentericus panis viscosi II[1]) und dem von Budinoff[2]) isolierten Bazillus am nächsten. Von dem ersteren unterscheidet er sich jedoch dadurch, dafs er auf sauren Nährböden nicht wächst (Versuche mit saurem Agar negativ), ferner dadurch, dafs er Säure und nicht Alkali bildet (Bacillus mesentericus panis viscosi II gibt auf Lackmusbouillon eine schwache Alkali-

1) Vogel, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 398.

2) Budinoff, a. a. O., S. 458.

Digitized by Google

bildung)[1]), und schliefslich dadurch, dafs er kein fadenziehendes Brot gibt. Ob sich der von mir isolierte Bazillus von demjenigen unterscheidet, den Budinoff isoliert hat, vermag ich in Anbetracht der Kürze und Knappheit der von Budinoff angeführten Unterscheidungsmerkmale nicht zu sagen.

Hefepilze habe ich aus käuflicher Prefshefe isoliert: Ein stecknadelkopfgrofses Stück Hefe wurde in 10 ccm sterilen Wassers zerrieben und aus diesem Brei zwei Ösen in sterile Bierwürze übertragen. Hiervon wurden Bierwürzengelatineplatten (5%) ausgegossen, von denen nach sieben Tagen nach vorheriger mikroskopischer Untersuchung eine Kolonie auf Bierwürzenagar (schräg erstarrtem) überimpft wurde. Die Hefepilze stellten ovale Zellen dar, weiter habe ich sie nicht untersucht.

### c) Säurebildung der Mikroorganismen.

Um die Bedeutung der einzelnen Mikroorganismen für die Säurebildung des Teiges zu ergründen, setzte ich zu sterilisiertem Mehl (50 g) 100 ccm steriles Wasser + Aufschwemmung einer Strichagarkultur in 10 ccm steriler neutraler Bouillon hinzu. Das Mehl wurde behufs Beseitigung der Krümel vor der Hinzufügung des Wassers in dem Kolben kräftig geschüttelt. Nun wurden die Kulturaufschwemmung und 50 ccm steriles Wasser hinzugesetzt, das Mehl mit dem Wasser wieder kräftig geschüttelt und nach Zusatz von weiteren 50 ccm sterilen Wassers alles durch Schütteln vermengt, worauf die Kolben mit dem Teig in den Brutschrank bei 37° für eine gewisse Zeit gebracht wurden. Die dabei erzielten Resultate sind aus der Tabelle VI (S. 113) zu ersehen.

Aus der Tabelle VI ergibt sich folgendes:

1. In bezug auf die gebildete Säuremenge unterscheiden sich die von mir untersuchten Sauerteigmikroorganismen in den natürlichen Verhältnissen, d. h. im Nährboden, von dem sie gezüchtet worden sind, nicht scharf voneinander, die Säurebildung war jedesmal bescheiden.
2. Der Befund stimmt in jeder Richtung mit demjenigen Levys auf Zuckerbouillon.

---

1) Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 404.

3. Durch Zusatz von Hefe zu nichtsterilem (lit. o) wie zu sterilem Mehl (lit. p und m) steigerte sich bei der Gärung die Azidität im Vergleich zu dem gleichen Nährboden ohne Hefe. (Die aus der Mischung des Mehles mit dem sporentragenden Bazillus + Hefe angefertigten mikroskopischen Präparate zeigten nach 7 Stunden das Vorhandensein von Hefezellen sowohl, wie auch von Bazillen, wobei letztere zahlreicher vertreten waren. Nach 20 Stunden seit Beginn der Gärung fand man fast ausschliefslich Stäbchen allein und nur eine einzige Hefezelle.) Um letzteren Umstand, d. h. die Steigerung der Azidität des Teiges, welche bei Gärung unter Hefezusatz stattfindet, zu erklären, wurden Kontrollexperimente ausgeführt, deren Ergebnis aus Tabelle VII hervorgeht.

Tabelle VI.

| 50 g steriles Mehl u. 100 ccm ster. Wasser bei 37° C; dann wurden vor d. Titrieren noch 100 ccm steril. Wasser hinzugesetzt | | Berechnet auf 100 g Mehl in Normalnatron | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Symbiose | | | | |
| | | Steriles Mehl u. steriles Wasser | B. coli comm. | Levans II | Levans IX | Sporentragend. Bazillus[1]) | Gelber Säurebildner V | Gelber Säurebildner VI | Gelber Gasbildner III | Gelber Gasbildner IV | Gelber Gasbildner VI | Sporentrag. Bazillus[1]) u. Levans | Sporentrag. Bazillus[1]) und Hefe | Nichtsteriles Mehl u. nichtsteriles Wasser | Nichtsteriles Mehl u. Hefe u. nichtsteriles Wasser | Steriles Mehl und steriles Wasser u. Hefe |
| | | a | b | c | d | e | f | g | h | i | k | l | m | n | o | p |
| Nach 7 Std. | I | 5.6 | 7,8 | 7,8 | 7,2 | 8,4 | 7,8 | 7,4 | 8,2 | 7,2 | 8,0 | 9,5 | 10,8 | 9,4 | 14,6 | 8,4 |
| | II | 5,7 | 8 | 8 | 7,2 | 8,6 | 8,0 | 7,6 | 8,4 | 7,6 | 8,2 | 9,6 | 11.0 | 9,2 | 15,2 | 8,6 |
| 20 Std. | I | 5,7 | 8,4 | 10,8 | 8,2 | 11,2 | 9,2 | 9,0 | 9,2 | 8,2 | 9,2 | 14,6 | 14,8 | 52,8 | 55,4 | 9,6 |
| | II | 5,7 | 8,6 | 11,0 | 8,2 | 11,4 | 9.2 | 9,2 | 9,2 | 8,4 | 9,4 | 14,6 | 14,2 | 53,2 | 55,6 | 10 |

Tabelle VII.

| 50 g steriles Mehl und 100 ccm steriles Wasser bei 37° C; dann wurden vor dem Titrieren noch 100 ccm steriles Wasser hinzugesetzt | | Berechnet auf 100 g Mehl in Normalnatron | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Steriles Mehl und steriles Wasser | Steril. Mehl und steriles Wasser und Hefe | Levans IX | Levans IX und Hefe | Sporentragender Bazillus | Sporentrag. Bazillus und Hefe | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser und Hefe |
| | | a | b | c | d | e | f | g | h |
| Nach 7 Std. | I | 5,6 | 9.3 | 8,2 | 10,9 | 8,1 | 9,5 | 11,2 | 17,5 |
| | II | 5,7 | 9,3 | 8,5 | 10,9 | 8,3 | 9,7 | 11,6 | 17,8 |

1) Sporogener Bazillus, den ich aus dem Mehl, welches 46 Tage unter Äther gestanden hat, isoliert habe.



Digitized by Google

Vorstehende Befunde bestätigen wiederum, dafs in den Nährmedien nach Zusatz von Hefe zu denselben eine gewisse Steigerung der Säurebildung stattfindet. Auf den mikroskopischen Präparaten — lit. d (levans IX Hefe) — fand man Stäbchen und Hefezellen, wobei letztere bedeutend zahlreicher vertreten waren[1]); in den Präparaten lit. f (sporentragender Bazillus + Hefe) waren Stäbchen zahlreicher vertreten, wenn auch die Zahl der Hefezellen keine geringe war.

Die etwas gesteigerte Azidität, welche bei Gärung von sterilem Mehl mit Hefezusatz (lit. b, Tabelle VII) hervortrat, drängte die Frage in den Vordergrund, ob unter den angegebenen Verhältnissen, d. h. nach 7 Stunden bei 37° C unsere Hefezellen ihre Lebensfähigkeit behalten. Es wurde wiederum eine Reihe von Experimenten vorgenommen, und zwar diesmal in folgender Weise: Zu sterilem Mehl und gewöhnlichem, nichtsterilem Mehl wurde Hefe sowohl in einer Quantität einer ganzen Strichbierwürzeagarkultur in 10 ccm sterilen Wassers, sowie in der Quantität einer Platinöse in 5 ccm sterilen Wassers aufgeschwemmt, worauf alles für die Dauer von 7 Stunden in den Brutschrank bei 37° C gebracht wurde. Das Ergebnis dieser Experimente geht aus folgender Tabelle hervor:

Tabelle VIII.

| | | Berechnet auf 100 g Mehl und Normalnatron | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 g steriles Mehl und 100 ccm steriles Wasser | Steriles Mehl und steriles Wasser und Hefekultur | Steriles Mehl und steriles Wasser und 1 Öse Hefe | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser und Hefekultur | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser und 1 Öse Hefe |
| | | a | b | c | d | e | f |
| Nach 7 Std. | I | 5,5 | 9 | 6,3 | 12,6 | 18,4 | 14,0 |
| bei 37° C | II | 5,7 | 9,3 | 6,3 | 12,9 | 18,8 | 14,2 |

Der Hefezusatz ist wiederum auf die Steigerung der Azidität von Einflufs gewesen.

1) Das hier hervorgehobene Vorwiegen der Hefezellen bei Gärung des Mehles, auf welches Levans und Hefe überimpft waren, stimmt vollständig mit den Resultaten der Experimente Wolffins überein. Bakteriol. u chem. Untersuchungen über Sauerteiggärung, S. 39.

Digitized by Google

Aus der Mischung von sterilem Mehl + sterilem Wasser + Hefe ist eine Ose auf Bierwürzegelatine (5%) überimpft worden, von wo 2 Ösen auf eine weitere Portion überimpft und dann Platten ausgegossen wurden. Auf sämtlichen 4 Platten entwickelten sich nach drei Tagen bei Zimmertemperatur Hefekolonien, und zwar: auf den Platten $\alpha$: I. 3920; II. 4122; auf den Platten $\beta$: I. 17; II. 19. Die Platten wurden makroskopisch gezählt. Die aus der Mischung von sterilem Mehl + sterilem Wasser + eine Öse Hefe, sowie aus nichtsterilem Mehl + nichtsterilem Wasser + eine Öse Hefe angefertigten mikroskopischen Präparate zeigten das Vorhandensein von Hefezellen.

Auf Grund der Tatsache, dafs die Hefe ihre Lebensfähigkeit behalten hat, nachdem der Teig 7 Stunden lang bei 37° C gestanden hat, glaube ich annehmen zu können, dafs die Steigerung der Azidität des Teiges eben auf die Tätigkeit der Hefe zurückgeführt werden kann.

Aus den vorstehenden Ausführungen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu können:

1. In den von mir untersuchten Mehlproben betrug die Gesamt-Azidität für Roggenmehl 0,36—0,52, für Weizenmehl 0,23—0,4%, auf Trockensubstanz und Milchsäure (Indikator Phenolphthalein) berechnet.
2. Meine Werte sind höher als die von Scherpe — letzterer hat blofs die wässerigen Auszüge — ich habe das mit Wasser angemischte Mehl titriert. Es wird sich zeigen, ob nicht für praktische Zwecke die einfachere direkte Titrierung ausreicht.
3. Die Azidität des Teiges wird, von der Dauer der Gärung und der Temperatur abgesehen, auch von der Quantität des bei der Bereitung des Teiges zum Mehl hinzugefügten Wassers, d. h. von der Konzentration des Teiges beeinflufst.
4. Durch Auskneten des Teiges mit Wasser läfst sich leicht ca. 75% der Gesamtazidität des Teiges im wässerigen Auszug gewinnen.



Digitized by Google

5. Bei quantitativer Analyse des beim Auskneten des Teiges gewonnenen Wasserauszuges fand man im Auszug Essigsäure ($C_2H_4O_2$) 50,8%, Milchsäure ($C_3H_6O_3$) 25,3% und saure Phosphate 22,6%. An der Hand dieser Zahlen kann man sich einen gewissen Begriff von den Säuren des Teiges und deren Wechselbeziehungen machen.
6. Ameisensäure ($CH_2O_2$) habe ich im Wasserauszug trotz wiederholter Untersuchungen nicht nachweisen können.
7. Beim Backen von Roggenbrot gehen ca. 75%, beim Backen von Graubrot ca. 70% und beim Backen von Weifsbrot ca. 58,5% der Gesamtsäure aus dem Teig in das Brot über.
8. Bei meinen Versuchen zur Sterilisierung von Mehl hat sich wegen Anwesenheit sehr resistenter Sporen die Wollnysche Sterilisationsmethode mit Äther als vollständig unwirksam erwiesen.
9. Die von mir untersuchten Bakterien aus Sauerteig (Angehörige der Koligruppe und eine sporentragende Art) erwiesen sich als schwache Säurebildner von untereinander ziemlich ähnlicher Wirkung.
10. Der Befund stimmt mit demjenigen Levys überein und bestätigt den von diesem Autor in bezug auf die ermittelte Säuremenge im artifiziellen Nährboden (in der Zuckerbouillon) ermittelten Befund. Weiter geht aus dem Gefundenen hervor, dafs Holliger und Levy recht haben, wenn sie in anderen als koliartigen Organismen die wichtigsten Säureerreger im Teig sehen.
11. Durch Zusatz von Hefe zu gewöhnlichem, nichtsterilem, wie auch zu sterilem Mehl mit überimpften Mikroorganismen und ohne dieselben wurde in allen von mir untersuchten Fällen die Azidität des Teiges etwas gesteigert.
12. Hefe, die ich aus der käuflichen Prefshefe isoliert habe, hat, nachdem sie auf steriles Mehl übertragen war, ihre vollständige Lebensfähigkeit im Teig, nachdem derselbe 7 Stunden lang bei einer Temperatur von 37° C gestanden hat, behalten.

Digitized by Google

13. Auf Grund der Tatsache, dafs die Hefe ihre Lebensfähigkeit behalten hat, nachdem der Teig 7 Stunden lang bei 37° C gestanden hat, glaube ich annehmen zu können, dafs die Steigerung der Azidität des Teiges in diesem Falle eben auf die Tätigkeit der Hefe zurückgeführt werden mufs. Alle diese Angaben beziehen sich nur auf einen Hefestamm.
14. Zur weiteren Erkenntnis des biologischen Prozesses der Säurebildung im Brotteig sind weitere Forschungen im hygienischen Institut in Würzburg im Gang, wobei namentlich die starken Säurebildner studiert werden.

Zum Schlufs ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann sowohl für die Überweisung des Themas und die Anregung zu der Arbeit, wie auch für seine fortgesetzte, liebenswürdige Unterstützung, die er mir während meiner ganzen Arbeit mit Aufwand von Zeit und Mühe hat zuteil werden lassen, an dieser Stelle meinen ergebensten und tiefgefühlten Dank zu sagen.

Digitized by Google

# Entstehen bei der Fäulnis flüchtige Phosphorverbindungen?

Von

Prof. **Ch. Yokote** aus Tokio.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Die Untersuchungen, über die ich im letzten Heft dieses Archivs berichtet habe, beweisen eine ganz aufserordentlich starke Giftigkeit des $PH_3$. Es scheint daher von Interesse, die Angaben der Literatur, welche ein Vorkommen von $PH_3$ in den Fäulnisgasen behaupten, einer kritischen Nachprüfung zu unterziehen, da, wenn diese Untersuchungen für das Vorkommen von $PH_3$ als Fäulnisprodukt beweisend befunden würden, sich nicht unwichtige hygienische Schlüsse daraus ergäben. Die ältesten Angaben über bei Fäulnis entstandene, flüchtige Phosphorverbindungen stammen von Selmi[1]). Derselbe gab an, dafs sich bei der Zersetzung des Gehirns und anderer Organe des normalen Tieres flüchtige Phosphorverbindungen bildeten, die im Wasserdampfstrom überdestilliert werden können. Die Resultate von Selmi sind von einigen Autoren, wenigstens teilweise, bestätigt worden. So fand Poleck[2]) wenigstens bei der Zersetzung des Gehirns eine geringe Menge flüchtiger Phosphorverbindungen, dagegen nicht bei andern Organen. In neuerer Zeit behauptet

1) Atti della reale accad. dei Lincei, 1875—1876.

2) Archiv d. Pharm., 1887, Bd. 25, S. 205.

Digitized by Google

Kreps[1]), dafs aus faulendem Gehirn flüchtige Phosphorverbindungen zu erhalten seien, die Silbernitratlösung schwärzen, und in denen Phosphor direkt nachgewiesen werden könne. Auch bestätigte er die alte Angabe, dafs Natriumphosphat in faulenden Substanzen reduziert werde.

Die ausführlichste, mir zugänglichste Arbeit mit positivem Resultat ist die von Stich[2]), welcher zwar aus faulendem Pepton, Kasein, Nutrose, Nuklein, Protein, Lecithin und Protagon keine flüchtigen Phosphorverbindungen erhielt, dagegen mehrfach positive Resultate erzielte, als er mit Soda versetzte Schleien, Pankreas, Menschengehirn und Kartoffeln bei 37° der Fäulnis überliefs. Seine Nachweismethode war die, dafs er die Gase in Silbernitratlösung, Bromwasser oder rauchender Salpetersäure auffing und den Phosphor schliefslich als Phosphorsäure nachwies.

Ungefähr gleichzeitig mit Stich hat Marpmann[3]) in einer kurzen Mitteilung als etwas ganz Selbstverständliches und Allbekanntes hingestellt, dafs bei Fischfäulnis nicht selten ein Knoblauchgeruch durch Entstehen von $PH_3$ beobachtet wird, auch hat er in faulendem Käse durch Schwärzung von Silberpapier mehrmals $PH_3$ nachgewiesen. Natürlich hielt er nur solche Versuche für beweisend, bei denen ein gleichzeitig angewendetes Bleipapier sich nicht dunkel färbte. Er stellte die Sache so dar, als ob bei Vergiftungen durch faulende Nahrung der $PH_3$ eine wichtige Ursache der beobachteten Störungen darstelle.

Im Gegensatz zu diesen positiven Angaben ist auch eine grofse Reihe negativer in der Literatur vorhanden. Ein absolut negatives Resultat erhielten bei der Nachprüfung der Selmischen Behauptungen Fresenius und Neubauer[4]). Auch eine Reduktion von Phosphorsäure durch naszierenden Wasserstoff konnten diese Autoren nicht beobachten.

1) Methode d. Phosphornachweises in gerichtl. chem. Fällen und deren kritische Begutachtung. Dissert., St. Petersburg, 1901.

2) Mitteilungen über einige während des Jahres 1898 im analytischen Laboratorium der Krankenhausapotheke zu Leipzig ausgeführte Untersuchungen: Über die Bildung gasförmiger P-Verbindungen bei der Fäulnis.

3) C. f. B. P., II. Abt., Bd. IV, S. 21.

4) Zeitschrift f. analytische Chemie, I, S. 343.

Digitized by Google

Halasz[1]) erhielt zwar aus den Organen mit Phosphor vergifteter Tiere leicht nach Dusard-Blondlot flüchtige Phosphorverbindungen, dagegen überhaupt nicht aus faulendem Gehirn; gleichgültig ob die Tiere, denen er die Gehirne entnahm, mit Phosphor vergiftet worden waren oder nicht.

Vollständig negativ verliefen die genauen Nachprüfungen von Selmis Angaben durch Hollefreund[2]). Weder bei kurzer noch bei längerer Fäulnis, weder unmittelbar noch bei der Destillation, konnte er aus Hirn, Leber, Fleisch, Eiern, flüchtige Phosphorverbindungen gewinnen.

Die neueste Arbeit von Fischer[3]) ergab ebenfalls ein vollständig negatives Resultat. Fischer hatte sich speziell die Aufgabe gestellt, die Stichschen Resultate nachzuprüfen. Er hatte unter anderm auch den interessanten Versuch gemacht, aus phosphorhaltigen Verbindungen mit Penicilium brevicaule $PH_3$ zu entwickeln ohne jeden Erfolg. Und doch ist der verwendete Pilz so aufserordentlich dazu befähigt, $AsH_3$ aus Arsenverbindungen zu bilden.

Bei unbefangener Prüfung dieser Resultate steht jedenfalls soviel fest, dafs, wenn überhaupt im Verlauf von Zersetzungsprozessen eine $PH_3$- Bildung gelegentlich stattfindet, dieser Vorgang jedenfalls nicht in der Regel, ja nicht häufig in einem Grad erfolgen kann, der auch bei Anwendung der empfindlichsten Methoden bemerkbar ist.

Ich bemerke gleich, dafs ich in meinen über $^1/_2$ Jahr hinaus mit mannigfaltigen Variationen fortgesetzten Versuchen, wobei ich namentlich mit Käse, Hirn und Fisch experimentierte, in der Regel negative Resultate erhielt. In der Mitte der Arbeit erhielt ich einige positive Resultate, welche sich aber bei weiterer Nachforschung als durch gewisse Fehlerquellen verursacht herausstellten. In der Entdeckung dieser Fehlerquellen, glaube ich, liegt ein gewisser Wert meiner Arbeit.

---

1) Zeitschrift f. anorgan. Chemie, Bd. 26, S. 438.

2) Beiträge zu Ermittelungen des Phosphors bei gerichtl. chem. Untersuchung. Dissert., Erlangen, 1890.

3) Beiträge zum Phosphornachweis. Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 97, S. 601.

Digitized by Google

## Erste Versuchsreihe.

Zunächst versuchte ich in ähnlicher Weise, wie dies Marpmann getan hat, $PH_3$ durch gleichzeitige Anwendung von Silber und Bleipapier nachzuweisen, es sollte das Silberpapier schwarz werden, währenddem das Bleipapier unverfärbt blieb. Ich füllte zu diesem Zweck in Kolben von etwa 300 ccm Inhalt je 50 bis 100 g Substanz Limburger Käse, rohe oder gekochte Fische, rohes Fleisch oder gekochte Bohnen. Dazu gab ich etwa 50 ccm Wasser. Die Untersuchung dauerte fast zwei Wochen und wurde jeden Tag wiederholt. Die Kolben standen während der Zeit im Dunkeln in einem auf ca. 20° eingestellten Brutschrank und wurden nur zur Kontrolle ans Licht genommen. Die Silber- und Bleipapierstreifchen klemmte ich in üblicher Weise mittels des Wattepfropfens in dem Glase fest.

### Versuch a.

Limburgerkäse 50 g mit 50 g Wasser. Am 1. und 2. Tage bemerkte man eine gelbe Färbung des Silberpapiers, während das Bleipapier fast ungefärbt blieb. Vom 3. Tage ab trat eine graue Färbung beider Papiere auf, welche nach und nach stärker wurde, so dafs sie später dunkelgrau wurden. Aber eine gelbe Componente blieb immer sichtbar.

### Versuch b.

Rohe Barbe mit Haut und Knochen, 65 g mit 50 g Wasser. Am 1. Tage keine Farbenveränderung an beiden Papieren. Vom 2. Tage ab wurden beide grau, und an dem Silberpapier war eine gelbliche Farbe deutlich nachweisbar.

### Versuch c.

Gekochte Barbe, 55 g (mit Wasser 20 Minuten lang gekocht), mit Haut und Knochen. In den ersten zwei Tagen keine Veränderung an beiden Papieren. Vom 3. Tage an verfärbte sich das Silberpapier gelbgrau und das Bleipapier grau. Die graue Färbung beider Papiere wurde mit jedem Tage stärker.

### Versuch d.

Rohes Rindfleisch 50 g mit 50 g Wasser. Am ersten Tage keine Farbenveränderungen bei beiden Papieren; am 2. wurden beide gleich stark grau. Erst vom 3. Tage an bemerkte man eine gelbe Färbung neben der grauen an dem Silberpapier.

### Versuch e.

Gekochte weifse Bohnen (30 Minuten lang gekocht), 80 g und 50 g Wasser. Am 1. Tage keine Farbenveränderung; am 2. Tage bemerkte man am Silber-

Digitized by Google

papier eine gelblichgraue und am Bleipapier graue Verfärbung. Nachher war das erstere schwachgelb und das zweite unverändert.

**Versuch f.**

Destilliertes Wasser. In dieser Flasche fand ich niemals eine graue Färbung an dem Bleipapier; aber das Silberpapier war schwach grau verfärbt (höchst wahrscheinlich durch Licht).

In dieser ganzen Versuchsreihe konnte ich nicht einmal das Resultat beobachten, das Marpmann mit seinen knoblauchriechenden, faulenden Substanzen erhalten hat, allerdings kann ich auch nicht behaupten, dafs meine Substanzen knoblauchartig gerochen haben. Viel Mühe habe ich mir gegeben, die hellgelbe Farbe zu erklären, welche das Silberpapier als Anfangsreaktion zeigte. Namentlich habe ich mich bemüht, durch kleinere und gröfsere Mengen von $PH_3$ Silberpapier zu verfärben. Ich erhielt aber niemals eine so zitronengelbe Farbe wie durch die Fäulnisgase. Die Farbe war vielmehr bräunlichgelb oder gelblichbraun bei minimalen $PH_3$ Mengen, grauschwarz bei gröfseren. Ich kann also auch diese Gelbfärbung durchaus nicht als einen Beweis für die Anwesenheit von $PH_3$ ansehen. Das Agens, welches das Silberpapier verfärbte, trat in allen 5 Kolben auf und zwar in einem Stadium, als noch keine Bleipapierverfärbung zu finden war. Ein Versuch mit Azetylen, das, aus Kalziumkarbid hergestellt, immer etwas $PH_3$ enthält, gab ebenfalls keine gelbe sondern eine braunschwarze Verfärbung des Silberpapiers.

## Zweite Versuchsreihe.

Die Kölbchen, die mir zu der ersten Versuchsreihe gedient hatten, versetzte ich am 8. Tag mit etwas Natriumhypophosphit und saugte die Fäulnisgase einige Stunden lang in sehr langsamem Strom durch Silbernitratlösung. Obwohl sich die Silbernitratlösung etwas schwärzte, war es ganz unmöglich, in derselben etwas Phosphor nachzuweisen, als ich dies nach Kochen mit Salpetersäure und Ausfällen des Silbers mit Salzsäure nach der Molybdänmethode versuchte. Auch eine Andeutung, dafs Natriumphosphat bei der Fäulnis reduziert werde, konnte ich nicht erhalten.

Digitized by Google

## Dritte Versuchsreihe.

In diese Versuchsreihe gehört die Mehrzahl meiner Versuche. Ich verwendete dazu Kolben von ca. 700 cm Inhalt mit den oben genannten fäulnisfähigen Substanzen reichlich beschickt (150 bis 200 g). Die Kolben waren mit doppelt durchbohrten Gummipfropfen verschlossen, standen bei Temperaturen von 22—30°, und täglich wurde zwei- oder dreimal, etwa ½ Stunde lang, Luft in ganz langsamem Strom durch die Kolben durchgesaugt. Die mit etwaigen flüchtigen Phosphorverbindungen beladene Luft passierte hierauf durch Pettenkofersche Röhren mit starkem Bromwasser, nur selten wurden solche Röhren mit Silberlösung verwendet. Man liefs die Kolben einige Tage im Brutschrank, ehe mit der Durchsaugung von Luft begonnen wurde, um die Fäulnis stark eintreten zu lassen. Die Untersuchung des Bromwassers oder der Silbernitratlösung wurde erst vorgenommen, wenn eine Reihe von Tagen hintereinander das Durchsaugen der Luft stattgefunden hatte. Die Untersuchung geschah in der Weise, dafs man das Bromwasser bis zur Farblosigkeit kochte. Hierauf wurde gewöhnlich nochmals nach Zusatz von etwas Salpetersäure weiter erhitzt und etwas Ammonium-Molybdat dazugefügt.

### Versuch a.

Limburgerkäse, 154 g, mit etwas Wasser. Temperatur 22° C; Versuchsdauer 9 Tage und Absorptionsflüssigkeit Silberlösung. Durch kunstgerechte Behandlung bekam ich sehr wenig blafsgelben Molybdän-Niederschlag, welcher durch weitere Behandlung mit Magnesiamischung keinen Niederschlag gab. In diesem Fall untersuchte ich diesen gelben Niederschlag nicht mikroskopisch, konnte daher nicht mit Sicherheit feststellen, dafs es kein phosphor-molybdänsaures Ammoniak ist; doch da ich später öfters blafsgelbe Niederschläge erhielt, in denen keine typischen Kristalle von phosphormolybdänsaurem Ammoniak vorhanden waren, so ist der bei diesem Versuch gefundene blafsgelbe Niederschlag höchstwahrscheinlich kein Phosphorniederschlag gewesen.

### Versuch b.

Limburgerkäse, 200 g, ohne Wasserzusatz. Temperatur 28°—30° C; Absorptionsflüssigkeit Bromwasser. In dem während der ersten 4 Tage sich entwickelnden Gas und auch in dem, welches in den folgenden 20 Tagen sich bildete, fand ich keine Phosphorreaktion.

Digitized by Google

**Versuch c.**

Rohe Rotaugen, 200 g. Temperatur 28°—30° C; Absorptionsflüssigkeit Bromwasser. In den ersten 5 Tagen und auch in den folgenden 20 Tagen konnte ich keinen Phosphor in dem sich entwickelnden Gas konstatieren.

**Versuch d.**

Roher Weifsfisch, 200 g. Temperatur 28°—30° C; Absorptionsflüssigkeit Bromwasser. Es wurde 6 Tage lang durchgeleitet. Resultat negativ.

**Versuch e.**

Roher Dickkopf, 200 g. Temperatur 28°—30° C; es wurde in Bromwasser eingeleitet. Resultate in den ersten 4 Tagen und in den folgenden 20 Tagen waren beide negativ.

**Versuch f.**

Limburgerkäse, 200 g. Zimmertemperatur (etwa 20° C); Absorptionsmittel Bromwasser und Versuchsdauer 15 Tage. Resultat negativ.

## Vierte Versuchsreihe.

Die negativen Resultate in der dritten Versuchsreihe konnten darin ihre Ursache haben, dafs ich zu kleine Mengen faulender Substanz verwendete. Ich wiederholte deshalb die Versuchsanordnung der dritten Versuchsreihe einigemal unter etwas veränderten Versuchsbedingungen. Es wurden gleich 3—5 kg Versuchsmaterial in eine grofse Flasche gebracht, welche wieder mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel mit Glasröhren verschlossen war. Die Flasche stand in einem Wasserbad, das man nach Bedürfnis erwärmen konnte. Die Luft, welche durch die Flasche in sehr langsamem Strom durchgesaugt wurde, passierte vor Eintritt in die Flasche ein Gefäfs mit Silberlösung, nach dem Passieren der Flasche drei hintereinander geschaltete Pettenkofersche Röhren mit starkem Bromwasser. Die Luft wurde Tag und Nacht durchgesaugt. Einmal wurde auch Wasserstoff durchgeleitet, um sicher anaerobe Versuchsbedingungen zu haben.

**Versuch a.**

Angewendet: 4660 g Kabeljau. Nach 9 Tagen fand die erste Untersuchung des Bromwassers statt. Ich erhielt hier zum ersten Male unzweifelhaft einen durch die Kristallform charakterisierten Niederschlag von gelbem Phosphorsäure-Ammonium-Molybdat, der sich in 1,2 mg Magnesium-Pyrophosphat verwandeln liefs. In der zweiten Periode von 2 Tagen und in der dritten von 9 Tagen fand ich keinen Phosphor.

Digitized by Google

**Versuch b.**

Limburgerkäse, 2950 g. Temperatur 20—22°. Im Gas der ersten neun Tage keinen Phosphor, in dem der folgenden 20 Tage war soviel Phosphor vorhanden, dafs ich spärliche, aber typische, durch mikroskopische Betrachtung charakterisierte Kristalle von Phosphorsäure-Ammonium-Molybdat erhielt. Doch war es so wenig, dafs keine Verwandlung in Magnesium-Pyrophosphat vorgenommen wurde.

**Versuch c.**

1830 g Rindshirn. In den ersten zehn Tagen bei 25—27° war kein Phosphor zu finden. In den folgenden 13 Tagen, wo die Temperatur um 30° gehalten wurde, war ebenfalls kein Phosphor da.

Die unregelmäfsigen Resultate legten den Gedanken nahe, dafs von irgend woher Phosphor in das Brom gelange. Natürlich war von Anfang an eine Untersuchung vorgenommen worden, welche zeigte, dafs das Brom von Hause aus keinen Phosphor enthielt. Eine genaue Betrachtung des Apparats ergab nur eine denkbare Fehlerquelle, namentlich die, dafs die Gummischläuche oder Gummistöpsel, wenn sie von Bromwasser oder Bromdampf bespült würden, kleine Phosphormengen abzugeben imstande seien. Es wurden denn auch einige direkte Versuche gemacht, Gummi auf Phosphor zu untersuchen. Leicht liefs sich zeigen, als ich in zwei getrennte Analysen weifsen und roten Gummi mit Natriumkarbonat und Salpeter schmolz, dafs die Asche etwas Phosphorsäure enthielt. Allerdings nur Mengen, die sich etwa um 1—2 mg bewegt haben mögen. Ein andermal tauchte ich ein Stück roten Gummischlauchs drei Tage lang in Bromwasser, wie ich es gewöhnlich verwendete. Auch hierin liefs sich deutlich Phosphorsäure nachweisen.

Ich stellte hierauf nochmals einige Versuche an, bei denen ich frisches Material wieder in erheblichen Mengen verwendete, aber das Bromwasser in Gaswaschflaschen unter Vermeidung von Gummistöpseln anwandte. Die Verbindung der einzelnen Röhren geschah nur durch kürzeste Gummischlauchverbindung.

**Versuch d.**

Limburgerkäse 2000 g. Die faulende Masse stand 10 Tage bei 30°. In dem Fäulnisgas war kein Phosphor nachweisbar.

Digitized by Google

**Versuch e.**

Mischung von Hecht und Schellfisch 2400 g. Temperatur 28—30°. Obwohl der Versuch 22 Tage fortgesetzt wurde, erhielt ich keine flüchtige Phosphorverbindung. Schliefslich komme ich zu

**Versuch f.**

bei welchem ich nicht Luft, sondern kunstgerecht gereinigten Wasserstoff verwendete. Der Versuch wurde mit 820 g Gehirn, das auf 30° gehalten wurde, 27 Tage fortgesetzt. Das Resultat war absolut negativ. Im Bromwasser war keine Spur von Phosphor nachweisbar.

Ich habe oben einigemal von kleinen Mengen blafsgelben Niederschlags gesprochen. Herr Professor Lehmann machte mich darauf aufmerksam, dafs dies vielleicht ein Kieselsäure-Ammonium-Molybdat sein könnte.

Es gelang mir denn auch, aus 50 g käuflichem Glaspulver, das ich 2—3 Tage in Bromwasser liegen liefs, eine geringe Menge eines blafsgelben undeutlich kristallinischen Niederschlags zu bekommen, der recht wohl identisch gewesen sein kann mit den blafsgelben Niederschlägen, die ich das eine und andere Mal erhielt. Eine Wiederholung des Versuchs mit Glas von einem meiner Untersuchungskolben ergab ein negatives Resultat.

Meine Resultate kann ich kurz in den Satz zusammenfassen: Es ist mir, wenn ich die Verwendung von phosphorhaltigem Gummi vermied, weder bei aerober noch bei anaerober Versuchsanordnung gelungen, aus grofsen Mengen faulender Substanzen, Hirn, Fisch, Käse, auch in langer Zeit, 10—20 Tagen, flüchtige, in Brom absorbierbare Phosphorverbindungen zu erhalten. Auch eine Reduktion von Natrium-Phosphat oder Natrium-Hypophosphit konnte ich nicht beobachten. Als praktisches Ergebnis für die Hygiene folgt daraus: »Es liegt kein Grund vor, zu vermuten, dafs Fäulnisgase durch ihren $PH_3$-Gehalt leicht schädlich wirken können. Natürlich möchte ich nicht behaupten, durch meine Versuche alle positiven Angaben früherer Forscher widerlegt zu haben. Immerhin dürften sie im Zusammenhang mit den zahlreichen negativen Resultaten sorgfältiger Untersucher um so mehr ein Stück zur Klärung der Frage beitragen, als es

Digitized by Google

mir gelungen ist, wenigstens eine Fehlerquelle für positive Befunde in einem Phosphorgehalt des Gummis zu finden und eine zweite Fehlerquelle in der Verwechslung von Kieselsäure-Ammonium-Molybdat mit Phosphorsäure-Ammonium-Molybdat wenigstens möglich erscheinen zu lassen.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, dem Herrn Professor K. B. Lehmann für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen besten Dank auszudrücken.

Digitized by Google

# Über Absorption von Gasen durch Kleidungsstoffe.

Von

Prof. **Ch. Yokote** aus Tokio.

(Aus dem Hygienischen Institut in Würzburg.)

Vor drei Jahren hat im Hygienischen Institut zu Würzburg auf Veranlassung von Herrn Prof. Lehmann Herr Dr. Kifskalt[1]) einige Versuche über die Absorption von Gasen durch Wolle und Baumwolle ausgeführt. Er beschränkte sich im wesentlichen darauf, die Absorption von Ammoniak, Salzsäure und Schwefelwasserstoff bei verschiedenen Temperaturen für Wolle und Baumwolle festzustellen. Auch zeigte er durch einige Versuche die besonders starke Bindung von Ammoniak durch nasse Stoffe. Wie Kifskalt in seiner Arbeit erwähnt, liegen nur sehr wenige ältere Arbeiten über diese Fragen vor, namentlich enthält eine unter Rubner gearbeitete Dissertation von Chelius[2]) aus Marburg aus dem Jahre 1891 einige kurze Angaben über verschiedene uns hier interessierende Punkte, die sich zum Teil mit Kifskalts Untersuchung in guter Übereinstimmung befinden, zum Teil auch etwas abweichen.

Ich folgte daher gerne der Anregung von Herrn Prof. Lehmann, die vielen interessanten Fragen, die sich bei einem näheren Studium des Problems aufdrängten, etwas vielseitiger und

1) Archiv f. Hygiene, Bd. 41 (1902).

2) Über die Zersetzung in der Kleidung. Dissertation aus Universität Marburg, 1891.

Digitized by Google

weiter zu verfolgen, als dies durch die erwähnten Arbeiten geschehen ist. Bei der grofsen Ausdehnung dieses Gebiets kann auch meine Untersuchung nur beanspruchen, einen Teil der Fragen bearbeitet zu haben.

Ich habe es vorgezogen, alle Versuche mit einem einzigen Gas anzustellen und zwar mit Ammoniak, weil dasselbe besonders leicht zu bestimmen ist, und es mir notwendig schien, erst einmal an einem Gas gröfsere Erfahrungen zu sammeln, ehe man weitere Stoffe in den Kreis der Betrachtung zieht. Nur zur Ergänzung habe ich mit einigen riechenden Stoffen noch Versuche vorgenommen. Zunächst teile ich die wichtigsten physikalischen Konstanten meiner zwölf untersuchten Kleidungsstoffe mit.

Tabelle I.

**Die Eigenschaft der untersuchten Kleidungsstoffe.**

| Name des Kleidungsstoffes | Farbe | Beschaffenheit | Dicke | Flächengewicht | Spez. Gewicht | Porenvolumen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wollstoffe.** | | | mm | g | g | % |
| Wollflanell I | weifs | dünn | 1,00 | 2,0582 | 0,20582 | 87,7 |
| › II | grau | dick | 2,00 | 2,6985 | 0,13492 | 87,1 |
| › III | tiefblau | rauh und dick | 2,20 | 2,4710 | 0,11232 | 87,1 |
| Wolltrikot | Naturfarbe (grau) | — | 1,20 | 3,1249 | 0,26040 | 82,9 |
| Kaschmir | weifs | ? | 0,40 | 1,3877 | 0,34692 | 73,6 |
| Cheviot | weifs | ? | 0,50 | 1,5282 | 0,30584 | 78,7 |
| **Baumwollstoffe.** | | | | | | |
| Baumwollflanell (a) | weifs | — | 1,00 | 1,3612 | 0,13612 | 93,7 |
| › (b) | weifs | — | 1,20 | 1,8582 | 0,15485 | 91,2 |
| Baumwolltrikot | rötlichgelb | — | 0,70 | 2,3070 | 0,32950 | 91,7 |
| Köper | weifs | ein Baumwollstoff, der auf der einen Seite eine Art Baumwollflanell darstellt, auf der anderen Seite ziemlich glatt ist und nur feine Rippen zeigt | 0,80 | 2,1640 | 0,27050 | 86,5 |
| Bieber | weifs | ziemlich steifer dünnwolliger Baumwollstoff zu warmen Unterkleid | 0,70 | 1,7906 | 0,25780 | 88,3 |
| Schirting | weifs | dünner feiner Hemdstoff | 0,30 | 1,4747 | 0,49160 | 76,1 |
| Baumwolltuch | weifs | sehr grober Hemdstoff | 0,38 | 1,8614 | 0,48984 | 80,2 |



Digitized by Google

### 1. Enthalten die käuflichen Kleidungsstoffe Ammoniak?

Zwölf verschiedene weifse und gefärbte Woll- und Baumwollstoffe, alle die in folgendem gelegentlich verwendet sind, wurden einige Stunden lang in Mengen von 100 qcm in ammoniakfreiem Wasser stehen lassen und das Wasser nach Herausnahme der Stoffe auf Ammoniak untersucht. Ich fand in keiner Probe mit Nefslerschem Reagens auch nur Spuren von Ammoniak.

### 2. Binden die Kleidungsstoffe schwache Säuren und Laugen?

Im Verlauf der Untersuchung war es notwendig, Titrierungen von $^{1}/_{10}$ Normalschwefelsäure vorzunehmen, in die ammoniakhaltige Kleidungsstoffe hineingeworfen worden waren. Kleidungsstoffe und Schwefelsäure waren gewöhnlich einige Stunden miteinander in Berührung. Es war nun vor allem zu entscheiden, ob vielleicht etwas Schwefelsäure von den Kleidungsstoffen selbst gebunden würde. Es war dies um so notwendiger, als Knecht[1]) in einer im Interesse der Färberei angestellten Arbeit gefunden hatte, dafs kochende, starke Schwefelsäure in ziemlicher Menge von Wolle neutralisiert wurde. Baumwolle und Seide tun dies in geringerem Mafs. Auch Kifskalt hatte bei seinen Versuchen mit Absorption von Salzsäuredampf so hohe Werte gefunden, dafs er an eine chemische Absorption dachte. In meinen Versuchen habe ich die Zeit der Einwirkung von Schwefelsäure auf die Kleidungsstoffe zwischen 30 Minuten und zehn Stunden variiert, ohne dadurch wesentlich verschiedene Zahlen zu finden. Die Differenzen blieben innerhalb der Versuchsfehler und ich verzichte daher, um meine Arbeit nicht mit zuviel Tabellen zu belasten, auf Angabe der Einzelresultate und teile nur die Durchschnittswerte mit. Auf 34 Bestimmungen insgesamt habe ich nur ca. drei extreme Werte erhalten, die bei der Bestimmung der Mittelwerte einen fehlerhaften Eindruck machten.

Die Resultate sind in Tabelle II niedergelegt.

---

1) Fortschritte der Physik, Bd. 45, S. 537.

Digitized by Google

Tabelle II.

**Neutralisierung von Schwefelsäure durch Kleidungsstoffe.**

| Name des Stoffes | pro 100 qcm des Stoffes | | pro 1 g des Stoffes | |
|---|---|---|---|---|
| | 1/10 Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ | 1/10 Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ |
| Wollflanell I (weifs) . | 3,25 ccm | = 5,5 mg | 1,58 ccm | = 2,67 mg |
| » II (grau) . | 13,50 » | = 22,95 » | 4,67 » | = 7,96 » |
| » III (tiefblau) | 12,15 » | = 20,66 » | 4,70 » | = 7,99 » |
| Kaschmir (weifs) . . | 1,05 » | = 1,79 » | 0,74 » | = 1,25 » |
| Cheviot (weifs) . . . | 7,00 » | = 11,90 » | 4,72 » | = 8,00 » |
| Wolltrikot (naturgrau) | 15,87 » | = 26,97 » | 5,08 » | = 8,63 » |

Aus der Tabelle folgt, dafs alle Wollstoffe nicht unerhebliche Mengen Schwefelsäure binden. Am wenigsten pro Gramm Kaschmir und weifser Wollflanell. Gröfsere unter sich ähnliche Werte ca. 8 mg binden Cheviot, Wolltrikot und rauher tiefblauer Wollflanell. Eine freie wasserlösliche Base war in den Stoffen ebensowenig wie Ammoniak vorhanden gewesen, und es scheint vorläufig nicht klar, welcher Stoff in der Kleidung diese zum Teil nicht unerhebliche Säurebindung hervorgebracht hat. Der Verdacht, dafs die Färbung an dem Prozefs schuld sei, trifft nicht zu, denn auch der rein weifse Cheviot und der naturbraune Wolltrikot binden starke Säure. Durch besondere Versuche habe ich einigemal zu bestimmen versucht, ob gewaschene Stoffe weniger Säure absorbieren. Ich konnte das nicht konstatieren. Dagegen fand ich, dafs die Fähigkeit, Säure zu binden, bedeutend geringer ist, wenn man den Stoff, nachdem er zwei Stunden in 1/10 Schwefelsäure gelegen hat, gründlich auswäscht und ihn nun von neuem in 1/10 Schwefelsäure legt.

Tabelle III.

**Bindung von $H_2SO_4$ durch die Stoffe, die einmal mit $H_2SO_4$ behandelt worden sind.**

| Name des Stoffes | pro 100 qcm des Stoffes | | pro 1 g des Stoffes | |
|---|---|---|---|---|
| | 1/10 Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ | 1/10 Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ |
| Wollflanell I, Kaschmir und Cheviot . . . | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wollflanell II (grau) . | 1,10 ccm | = 1,87 mg | 0,40 ccm | = 0,68 mg |
| » III (tiefblau) | 0,55 » | = 0,94 » | 0,22 » | = 0,31 » |
| Wolltrikot (naturgrau) | 5,20 » | = 8,84 » | 1,66 » | = 2,82 » |



Digitized by Google

Im Gegensatz zu diesen mit Wolle erhaltenen Resultaten zeigte sich bei Baumwolle, von der ich ebenfalls eine Reihe von Proben untersuchte, keine bestimmbare Säureneutralisierung. Es ist demnach am wahrscheinlichsten, dafs die Wolle selbst resp. gewisse Bestandteile der Wolle, die nicht in allen Wollsorten in gleicher Menge vorhanden zu sein scheinen, die Säure binden. Man könnte etwa an Amidosäuren denken. Ich habe in allen meinen folgenden Resultaten die Befunde korrigiert, indem ich die durch die Wolle gebundene Schwefelsäure von der durch Ammoniak + Wolle gebundenen subtrahierte. Die Differenz ergab dann ein richtiges Mafs für das gebundene Ammoniak. Die Baumwollzahlen konnten unkorrigiert bleiben.

Die nicht uninteressanten mitgeteilten Ergebnisse veranlafsten mich, auch die Frage zu prüfen, die auch mit unserer Arbeit in direkter Beziehung steht, ob die Kleidungsstoffe vielleicht auch Alkali zu binden imstande seien. Ich nahm Kleidungsstoffe von 100 qcm und legte sie in 50 ccm $^1/_{10}$-Normalnatronlauge. Nach zwei Stunden fand ich, dafs das eine Stück Wollflanell 19,5, das andere 15,5 ccm Normalnatronlauge zum Verschwinden gebracht, also gesättigt habe. Ich wusch die Stoffe aus und wiederholte den Versuch, indem ich sie diesmal 24 Stunden lang in 25 ccm $^1/_{10}$-Normalnatronlauge legte. Ich fand diesmal ein Verschwinden von 10 resp. 8,2 ccm $^1/_{10}$-Normalnatronlauge. Ein weiterer Versuch war der folgende: Ich fügte zu destilliertem Wasser ein Stück Wollflanell und gab einige Tropfen Phenolphthalein zu. Dann fügte ich tropfenweise $^1/_{10}$-Normalnatronlauge zu. Die Farbe verschwand anfangs rasch, später langsam. Ein scharfer Endtiter konnte nicht gefunden werden. Auch gegen Natronlauge verhält sich somit Wolle etwa wie eine Amidosäure. Es ist bekannt, dafs dieselben sowohl mit Säure wie mit Basen Verbindungen einzugehen imstande sind. Dagegen verhielt sich Baumwollstoff gegen Natronlauge ebenso indifferent, wie er sich gegen Säure verhalten hatte.

Ich schlofs aus diesen letzten Ergebnissen, dafs man ein mit Ammoniak beladenes, in überschüssige Schwefelsäure gebrachtes Stück Tuch nicht direkt mit Natronlauge zur Bestimmung des

Digitized by Google

Schwefelsäureüberschusses titrieren dürfe, sondern dafs man das Tuchstück erst herausnehmen, auspressen und auswaschen müsse, um nachher die mit der Schwefelsäure vereinigten Waschwasser zu titrieren.

## 3. Methode der Absorptionsversuche.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des vorigen Abschnitts stellte sich die Methode folgendermafsen dar. Ich brachte in ein kleines Becherglas etwa 10 ccm Ammoniakflüssigkeit unter eine Glasglocke von ca. 3 l, welche auf eine Glasplatte aufgeschliffen war. 30 Minuten später hängte ich das zu untersuchende Stoffstückchen von 100 qcm Oberfläche an zwei Fäden ausgespannt auf ein kleines Glasgestell und brachte es unter die Glocke, ohne das Ammoniakgefäfs zu entfernen. Nach bestimmter Zeit, $^1/_2$—24 Stunden, wurde die Probe herausgenommen, sofort in ein gemessenes Volum $^1/_{10}$-Normalschwefelsäure gebracht, nach $^1/_2$—1 Stunde wurde die Schwefelsäure abgegossen und das Tuchstückchen bis zum Verschwinden der saueren Reaktion mit neutralem Wasser gewaschen. $^1/_5$ der vereinigten sauren Flüssigkeiten titrierte ich mit $^1/_{10}$-Normalnatronlauge und wiederholte die Titrierung an einem zweiten Fünftel. Die Säureabnahme minus der Säuremenge, welche die betreffende Stoffprobe nach Abschnitt 2 allein zum Verschwinden bringt, gab, mit 1,7 multipliziert die Ammoniakmenge in mg, welche der Stoff gebunden hatte. Ich habe in folgendem stets korrigierte Zahlen angegeben. Durch einen besonderen Versuch überzeugte ich mich noch, dafs eine kleine Ammoniakzugabe zu der Schwefelsäure die Schwefelsäurebindung eines Wollstückchens, das nicht in der Ammoniak-Atmosphäre geweilt hatte, nicht beeinflufst.

## 4. Bestimmung der Ammoniakmenge, welche von 100 qcm bei 16—17° von den Kleidungsstoffen in einer Stunde absorbiert wird.

Natürlich ist bei dem sehr verschiedenen Flächengewicht zu erwarten, dafs die Menge des absorbierten Ammoniaks pro 100 ccm verschieden ist. Es zeigte sich aber, dafs auch, wenn man für 1 g die Zahlen ausrechnet, die Differenzen noch sehr erheblich

Digitized by Google

Tabelle IV.

**$NH_3$-Menge, welche von den Kleidungsstoffen absorbiert wird.**

| Name des Stoffes | | Flächengewicht | $NH_3$ pr. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ pro 1 g Stoff | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Einzelbestimmung | Mittel | Einzelbestimmung | Mittel |
| Bieber | a | 1,7772 g | 12,75 mg | | 7,18 mg | |
| | b | 1,8041 » | 12,75 » | 12,75 mg | 7,03 » | 7,11 mg |
| Köper | a | 2,2010 » | 16,25 » | | 7,38 » | |
| | b | 2,1270 » | 19,55 » | 17,90 » | 9,19 » | 8,29 » |
| Schirting | a | 1,4953 » | 13,60 » | | 9,09 » | |
| | b | 1,4741 » | 11,05 » | 12,33 » | 7,49 » | 8,29 » |
| Baumwolltuch | a | 1,7860 » | 16,25 » | | 9,09 » | |
| | b | 1,9369 » | 17,00 » | 16,63 » | 8,77 » | 8,93 » |
| Baumwollflanell (a) | a | 1,3501 » | 11,90 » | | 8,81 » | |
| | b | 1,3723 » | 11,90 » | 11,90 » | 8,62 » | 8,72 » |
| Baumwolltrikot | a | 2,2970 » | 25,33 » | | 11,02 » | |
| | b | 2,3100 » | 21,93 » | 23,63 » | 9,49 » | 10,51 » |
| Kaschmir | a | 1,3700 » | 27,79 » | | 20,28 » | |
| | b | 1,4060 » | 27,79 » | | 19,76 » | |
| | c | 1,3872 » | 29,47 » | 28,35 » | 21,24 » | 20,64 » |
| Cheviot | a | 1,5032 » | 26,18 » | | 17,41 » | |
| | b | 1,5280 » | 29,24 » | | 19,13 » | |
| | c | 1,5534 » | 28,56 » | 27,99 » | 18,38 » | 18,31 » |
| Wollflanell III (tiefblau) | a | 2,4260 » | 41,40 » | | 17,06 » | |
| | b | 2,4490 » | 45,65 » | | 18,64 » | |
| | c | 2,5370 » | 43,27 » | 43,44 » | 17,05 » | 17,58 » |
| Wollflanell II (grau) | a | 2,6633 » | 39,68 » | | 14,89 » | |
| | b | 2,7000 » | 37,40 » | | 13,85 » | |
| | c | 2,7322 » | 44,54 » | 40,54 » | 16,34 » | 15,03 » |
| Wolltrikot | a | 3,0995 » | 43,21 » | | 13,94 » | |
| | b | 3,1504 » | 44,06 » | 43,64 » | 13,98 » | 13,96 » |
| Wollflanell (weifs) | a | 2,1024 » | 40,23 » | | 19,13 » | |
| | b | 2,0054 » | 41,25 » | | 20,56 » | |
| | c | 2,0667 » | 44,31 » | 41,93 » | 21,39 » | 20,36 » |

sind, namentlich sieht man auf den ersten Blick, dafs auch in meinen Versuchen die Wollproben pro 1 g annähernd 1½ bis 3 mal soviel absorbieren wie die Baumwollproben. Die einzelnen Baumwollstoffe unterscheiden sich nicht sehr bedeutend voneinander. Die Trikotstoffe zeigen die gröfste, der Biber die kleinste Zahl. Die Zahlen für Köper, Schirting, Baumwolltuch

Digitized by Google

und Baumwollflanell sind fast identisch zwischen 8,3 und 8,9 mg. Ähnlich sind die Differenzen bei der Wolle. Wolltrikot liefert mit 14 mg eine besonders niedrige Zahl. Auch der graue Flanell mit 15 mg liefert einen niedrigen Wert. Cheviot mit 18,3 mg, Wollflanell mit 20,4 mg und Kaschmir mit 20,6 mg zeigen unter sich ähnliche Werte.

Chelius hat darauf aufmerksam gemacht, dafs man bei derartigen Bestimmungen die in den Poren des Stoffes enthaltene Ammoniakmenge mitbestimme, und ich habe mich bemüht, diesen Fehler zu eliminieren und mir über seine Gröfse klar zu werden. In Tabelle I sind die Porenvolumen angegeben. Kennt man den Ammoniakgehalt unter der Glocke, so läfst sich, wenn man sehr rasch arbeitet und annimmt, dafs die Poren vollständig mit Ammoniak von der Konzentration der Glockenluft gefüllt sind, die Ammoniakmenge in den Poren berechnen. Ich habe drei Versuche zur Ammoniakbestimmung unter der Glocke in der Weise angestellt, dafs ich 150 ccm der Glockenluft langsam durch eine mit Schwefelsäure gefüllte Pettenkofersche Röhre leitete, wobei die Luft in der Glocke sich aus einer zweiten ebenso behandelten ersetzte. Ich fand 0,24, 0,34, 0,31, im Durchschnitt 0,30 mg Ammoniak in 1 ccm Luft. Diese Zahl mufs eine Kleinigkeit zu niedrig sein. In der folgenden Tabelle ist einmal angegeben der direkt gefundene Ammoniakgehalt. Es zeigte sich, dafs in der Tat durch Berücksichtigung des Ammoniakgehaltes der Porenluft die Resultate um etwa 4—23% vermindert werden. Doch sind die korrigierten Zahlen untereinander nicht ähnlicher als wie die unkorrigierten. Die einzelnen niedrigen Werte stehen geradeso unerklärlich den andern gegenüber.

(Siehe Tabelle V auf S. 136.)

Vergleiche ich zum Schlufs meine absoluten Werte mit denen von Kifskalt, so stimmen sie im wesentlichen überein. Allerdings hat er nur unkorrigierte Werte mitgeteilt und nur mit Baumwolltrikot und Wolltrikot gearbeitet, die bei mir gerade etwas abnorme Werte — Baumwolltrikot relativ hohe und Wolltrikot auffallend niedrige — ergeben haben.

Digitized by Google

Tabelle V.

| Name des Stoffes | | $NH_3$ total | Porenvolum in 1 g Stoff | $NH_3$ in der Porenluft | $NH_3$ von Stoff absorbiert |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | ccm | mg | mg |
| Bieber | Baumwolle | 7,11 | 3,90 | 1,17 | 5,95 |
| Köper | Baumwolle | 8,29 | 3,69 | 1,11 | 7,18 |
| Schirting | Baumwolle | 8,29 | 2,03 | 0,61 | 7,68 |
| Baumwolltuch | Baumwolle | 8,93 | 2,04 | 0,61 | 8,32 |
| Baumwollflanell (a) | Baumwolle | 8,72 | 6,83 | 2,05 | 6,67 |
| Baumwolltrikot | Baumwolle | 10,51 | 3,03 | 0,91 | 9,60 |
| Kaschmir | Wolle | 20,64 | 2,88 | 0,86 | 19,78 |
| Cheviot | Wolle | 18,31 | 3,27 | 0,98 | 17,33 |
| Flanell III (tiefblau) | Wolle | 17,58 | 8,90 | 2,67 | 14,91 |
| Wollflanell II (grau) | Wolle | 15,03 | 7,41 | 2,22 | 12,81 |
| Wolltrikot | Wolle | 13,96 | 3,84 | 1,15 | 12,81 |
| Wollflanell (weifs) | Wolle | 20,36 | 4,85 | 1,46 | 18,90 |

Mit einem Wort möchte ich auch noch darauf aufmerksam machen, dafs gerade der Wollstoff, der bei mir abnorm wenig Ammoniak absorbierte, der Wolltrikot sich gerade durch eine besonders starke Säureabsorption auszeichnete. Man könnte vermuten, dafs die zum Trikot verwendete Wolle von besonders stark basischen Eigenschaften gewesen sei.

## 5. Über den Einflufs des Waschens auf die Absorption des Ammoniaks.

Es war denkbar, dafs gewisse Unregelmäfsigkeiten verschwinden würden durch das Waschen der Stoffe. Dabei mufste allerdings auch damit gerechnet werden, dafs die physikalische Beschaffenheit des Stoffes durch das Waschen vielleicht auch ein wenig geändert würde. Das Waschen geschah blofs mit destilliertem Wasser und durch tüchtiges Reiben und Durchkneten mit den Händen. Das Waschwasser zeigte nirgends eine Verfärbung. Die gewaschenen Stoffe wurden erst im Trockenschrank 2—4 Stunden lang gut getrocknet und dann im Zimmer aufgehängt, damit sie wieder den Wassergehalt annähmen, der der Feuchtigkeit und Temperatur des Zimmers entspricht. Die in

Digitized by Google

folgender Tabelle enthaltenen Zahlen sind wieder korrigiert, indem ich die im Kapitel 2 niedergelegten Erfahrungen über die veränderte Säureabsorption gewaschener Stoffe berücksichtigte.

Tabelle VI.

**$NH_3$-Menge, welche von dem gewaschenen Stoff absorbiert wird.**

| Name des Stoffes | $NH_3$-Menge, die von 100 qcm Stoff absorbiert wird | | $NH_3$-Menge, die von 1 g Stoff absorbiert wird | | $NH_3$-Menge, die von (nichtgewaschenem) 1 g Stoff absorbiert wird | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | | |
| | mg | mg | mg | mg | mg | |
| Bieber (weifs) | 17,85<br>17,85 | 17,85 | 10,05<br>9,89 | 9,97 | 7,11 | + 40,2% |
| Köper (weifs) | 19,55<br>22,10 | 20,83 | 8,88<br>10,39 | 9,64 | 8,29 | + 16,2 » |
| Schirting (weifs) | 11,90<br>11,05 | 11,47 | 7,95<br>7,49 | 7,72 | 8,29 | — 6,8 » |
| Baumwolltuch (weifs) | 12,75<br>17,85 | 15,30 | 7,13<br>9,22 | 8,18 | 8,93 | — 8,4 » |
| Baumwollflanell (weifs) | 8,50<br>11,90 | 10,20 | 6,29<br>8,62 | 7,46 | 8,72 | — 16,8 » |
| Baumwolltrikot (weifs) | 22,00<br>18,38 | 20,19 | 9,57<br>7,99 | 8,78 | 10,51 | — 16,4 » |
| Cheviot (weifs) | 27,20<br>37,95 | 32,57 | 18,02<br>24,83 | 21,43 | 18,31 | + 17,0 » |
| Kaschmir (weifs) | 34,85<br>28,90 | 31,88 | 25,43<br>20,55 | 22,99 | 20,64 | + 10,2 » |
| Wollflanell III (tiefblau) | 66,60<br>65,55 | 66,07 | 27,45<br>26,77 | 27,11 | 17,58 | + 35,1 » |
| Wollflanell II (grau) | 58,40<br>60,95 | 59,67 | 21,93<br>22,57 | 22,25 | 15,03 | + 32,4 » |
| Wolltrikot | 65,11<br>67,66 | 66,38 | 21,06<br>21,48 | 21,27 | 13,96 | + 34,3 » |
| Wollflanell (weifs) | 50,15<br>41,65 | 45,90 | 23,85<br>20,75 | 22,30 | 20,36 | + 8,7 » |

Nach den in der Tabelle niedergelegten Beobachtungen hat der gewaschene Wollstoff fast durchweg eine ziemlich gleichmäfsige vermehrte Ammoniakabsorption gezeigt; bei Baumwolle waren die Resultate unregelmäfsiger. Einen Grund dafür kann ich nicht angeben. Beim Niederschreiben der Arbeit tauchte der Gedanke auf, ob vielleicht Kohlensäure und schweflige Säure

Digitized by Google

oder Schwefelsäure beim Trockenprozefs absorbiert sein könnten. Ich hatte aber nicht mehr die Möglichkeit, diesen Gedanken zu prüfen.

Während ich bis hier mit einer grofsen Reihe verschiedener Stoffe gearbeitet hatte, glaubte ich bei der feineren Analyse der beobachteten Erscheinungen, mich auf zwei Stoffe beschränken zu sollen, welche in Webart, Dicke und Flächengewicht sehr ähnlich waren, sich aber durch ihre Herstellung aus Baumwolle und Wolle unterschieden, nämlich einen weifsen Baumwollflanell und einen weifsen Wollflanell.

## 6. Nähere Prüfung der Frage, ob die Ammoniakabsorption von dem Grundstoff des Gewebes abhängig ist?

Die Versuche des Abschnitts 3 haben schon aufserordentlich wahrscheinlich gemacht, dafs in der Tat Wollstoffe mehr absorbieren wie Baumwollstoffe. Um dies über alle Zweifel sicher zu stellen, habe ich die beiden sehr ähnlich gewobenen Stoffe, Baumwollflanell b und Wollflanell 1 einer speziellen Vergleichung unterzogen und dabei die in Tabelle VII auf S. 139 angegebenen Werte erhalten.

Die Zahlen sollen gleichzeitig zeigen, welche Differenzen man auch bei sorgfältigster Ausführung eines Einzelversuchs erhalten kann, und damit gleichzeitig den Beweis führen, dafs Mittelzahlen nur einen Wert haben, wenn man sie aus vielen Einzelbestimmungen ableitet. Ich habe mich bei den Bestimmungen peinlichst bemüht, die Temperatur 16—17° C einzuhalten, die Stoffe stets genau 1 Stunde unter der Glocke zu lassen, den Transport der Stückchen in die Säure stets so rasch als möglich zu vollziehen, das Säureglas unmittelbar neben die Glocke bei der Übertragung zu stellen, und dennoch sind die Zahlen für Wolle ziemlich, für Baumwolle stellenweise aufserordentlich different. Ist doch die niedrigste Zahl für Baumwolle fast $^1/_3$ so grofs wie die höchste. Auch für gewaschene Stoffe habe ich die Rechnung ausgeführt und diesmal mit den Ergebnissen des Abschnitts 5 durchweg eine geringe Erhöhung der Ammoniakabsorption durch

Digitized by Google

die gewaschenen Stoffe gefunden, während in Abschnitt 5 dieses Resultat nur für Wolle erhalten wurde und die Baumwolle unregelmäfsige Resultate gegeben hatte.

Tabelle VII.

**$NH_3$-Menge, welche von 1 g Stoff für 1 Stunde bei 16—17° C absorbiert wird.**

| Wollflanell | | Baumwollflanell | |
|---|---|---|---|
| nicht gewaschen | gewaschen | nicht gewaschen | gewaschen |
| mg | mg | mg | mg |
| 20,22 | 26,95 | 7,14 | 8,43 |
| 24,97 | 28,00 | 6,92 | 8,62 |
| 25,23 | 28,06 | 9,59 | 9,19 |
| 19,41 | 31,47 | 9,11 | 7,36 |
| 16,51 | 28,71 | 14,05 | 5,84 |
| 22,23 | 28,95 | 7,40 | 7,08 |
| 23,16 | 27,44 | 7,63 | 7,24 |
| 20,90 | 29,06 | 6,00 | 9,28 |
| 21,63 | 23,85 | 5,71 | 10,29 |
| 23,83 | 20,75 | 9,40 | 9,15 |
| 24,51 | 26,58 | 8,00 | 10,81 |
| 20,78 | 26,47 | 7,87 | 9,11 |
| 24,29 | | 8,51 | |
| 24,54 | | 5,96 | |
| 23,68 | | 6,69 | |
| 20,49 | | 8,56 | |
| 21,15 | | 9,64 | |
| 19,13 | | 11,01 | |
| 20,56 | | 10,86 | |
| 21,44 | | | |
| 22,94 | 27,19 | 8,26 | 8,87 |

## 7. Warum absorbieren die gewaschenen Stoffe mehr Ammoniak?

Wie ich unten zeigen werde, spielt der Gehalt an hygroskopischem Wasser eine bedeutende Rolle bei der Absorption des Ammoniaks, und es lag die Vermutung nahe, es könnten die gewaschenen Stoffe durch das Waschen etwas hygroskopischer geworden sein. Um dies zu ermitteln, brachte ich von Woll- und Baumwollflanell gewaschene und ungewaschene Stücke in den Trockenschrank, liefs sie in dem Exsikkator abkühlen und hängte sie dann zusammen gleichzeitig eine bestimmte Zeit in

Digitized by Google

mit Wasserdampf gesättigter Luft auf unter einer Glocke. Die Resultate waren, wie Tabelle VIII ergibt, dafs in der Tat die gewaschenen Stoffe fast regelmäfsig eine, wenn auch nur unbedeutende vermehrte Hygroskopizität zeigten.

Tabelle VIII.
**Wassermenge, welche von 100 qcm nichtgewaschenen und gewaschenen Stoffen absorbiert wird.**

| Nr. | | Wasserdampf in dem Raume, wo die Stoffe gelegt werden | Zeitdauer | Temperatur | Wollflanell | | Baumwollflanell | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | nicht gewasch. | gewaschene | nicht gewasch. | gewaschene |
| | | | | | % | % | % | % |
| 1 | a | gesättigt | 1/2 Std. | 17° C | 3,10 | 2,90 | 3,00 | 3,20 |
| | b | » | 1 1/2 Std. | » | 4,60 | 4,80 | 4,50 | 4,50 |
| | c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,86 | 8,05 | 4,14 | 4,15 |
| 2 | a | gesättigt | 1/2 Std. | 17° C | 3,38 | 3,89 | 2,97 | 3,27 |
| | b | » | 1 1/2 Std. | » | 5,16 | 5,63 | 4,26 | 5,13 |
| | c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,31 | 8,00 | — | — |
| 3 | | gesättigt | 1 Std. | 17° C | 4,48 | 4,79 | 4,15 | 5,49 |

Ob diese geringe Vermehrung der hygroskopischen Eigenschaften ausreicht, um die vermehrte Ammoniakaufnahme der gewaschenen Stoffe zu erklären, kann ich nicht entscheiden. Wahrscheinlich spielen noch andere Ursachen, vielleicht eine gewisse Lockerung des Gewebes, beim Waschen mit.

### 8. Ändert das Appretieren mit Stärkelösung die Absorptionsfähigkeit eines Stoffes?

Um diese Frage zu untersuchen und gleichzeitig die hygroskopischen Eigenschaften der appretierten mit denen von nicht appretierten Stoffen zu vergleichen, stellte ich folgenden Versuch an. Vier Stücke Baumwollflanell von 100 qcm wusch ich mit destilliertem Wasser und trocknete sie im Trockenschrank und wog sie. Zwei Stücke davon wurden in schwache Stärkelösung gelegt, wieder getrocknet und gewogen. Sie nahmen ungefähr 146 mg Stärke auf. Nun brachte ich die beiden gestärkten und zwei andere Stücke 30 Minuten lang in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum. Beim Wiegen zeigte sich, dafs die gestärkten Stücke 42, die ungestärkten 20 und 25 mg Wasser aufgenommen

Digitized by Google

hatten. Die Stücke wurden wieder gertocknet und nun 30 Minuten lang bei 17° unter eine Ammoniakglocke gebracht und der Ammoniakgehalt bestimmt. Die gestärkten Stücke nahmen, wie sie mehr Wasser aufgenommen hatten, auch mehr Ammoniak auf und zwar ziemlich im gleichen Verhältnis. Es ist wahrscheinlich, dafs nicht die Stärke das Ammoniak absorbiert, sondern dafs die Stärke Wasser aufnimmt und das Wasser dann Ammoniak absorbiert.

Tabelle IX.

| Baumwoll-flanell | Flächen-gewicht im Trocknen | Wasser-gehalt | Stärke-gehalt | $NH_3$ pro 100 qcm Stoff | | $NH_3$ pro 1 g Stoff | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | g | g | g | mg | mg | mg | mg |
| Kontroll- | 1,3740 | 0,0256 | 0 | 13,43 | | 9,82 | |
| » | 1,3975 | 0,0195 | 0 | 9,38 | 11,40 | 6,71 | 8,26 |
| appretierte | 1,2948 | 0,0420 | 0,1461 | 15,30 | | 11,87 | |
| » | 1,3485 | 0,0430 | 0,1475 | 16,15 | 15,72 | 11,97 | 11,92 |

## 9. Die Abhängigkeit der Ammoniakabsorption von der Zeitdauer des Versuchs.

Kifskalt hat nachgewiesen, dafs in einer Stunde die Ammoniakabsorption vollendet ist. Die spärlichen und etwas unregelmäfsigen Angaben von Chelius gestatten den gleichen Schlufs. Meine Versuche, die ich gleichzeitig mit gewaschenem und ungewaschenem Woll- und Baumwollflanell anstellte, sind in Tabelle 10 nieder gelegt. Es folgt daraus, dafs in der Tat in einer Stunde die Sättigung erreicht ist, dafs aber nach einer halben Stunde noch etwas mehr Ammoniak aufgenommen wird. Ich fand es notwendig, bei diesen Versuchen darauf zu achten, dafs die Glocke durch Fett dicht auf die Glasplatte aufgesetzt war. (s. Tab. X S. 142.)

## 10. Über die Abhängigkeit der absorbierten Ammoniakmenge von dem Gehalt des Stoffes an flüssigem Wasser.

Chelius und Kifskalt haben schon gefunden, dafs benetzte Stoffe bedeutend mehr Ammoniak als die trockenen absorbierten. Ich habe es für interessant gehalten, diese Frage näher zu studieren unter bedeutender Variation des Wassergehalts. Ich teile die Resultate in Tabelle XI (S. 142) mit.

Digitized by Google

Tabelle X.

| Berührungsstunde | $NH_3$ pro 1 g Wollflanell | | | | $NH_3$ pro 1 g Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | nicht gewaschen | | gewaschen | | nicht gewaschen | | gewaschen | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 1/2 Std. | 21,59 | | 23,31 | | 8,39 | | 7,89 | |
| | 23,47 | 22,53 | 23,06 | 23,19 | 7,33 | 7,86 | 5,52 | 6,72 |
| 1 » | 23,83 | | 25,99 | | 9,59 | | 10,81 | |
| | 24,51 | 24,34 | 27,18 | 26,59 | 9,11 | 9,35 | 9,11 | 9,96 |
| 2 » | 25,17 | | 26,56 | | 8,48 | | 9,09 | |
| | 25,21 | 25,19 | 26,47 | 26,52 | 7,59 | 8,04 | 6,30 | 7,70 |
| 4 » | 22,34 | | 26,63 | | 8,35 | | 7,74 | |
| | 19,62 | 20,98 | 24,97 | 25,80 | 8,75 | 8,55 | 8,88 | 8,30 |
| 6 » | 23,69 | | 26,02 | | 10,14 | | 6,11 | |
| | 24,07 | 23,88 | 28,37 | 27,20 | 6,38 | 8,26 | 7,71 | 6,91 |
| 8 » | 21,73 | | 23,47 | | 7,69 | | 8,89 | |
| | 21,28 | 21,50 | 23,85 | 23,66 | 5,99 | 6,84 | 8,76 | 8,83 |

Tabelle XI. **Wollflanell.**

| Nr. | | Temperatur | Behandlungsdauer | Wassergeh. in d. Stoff | | Absorbiertes $NH_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | absolut | relativ | pr. 100 qcm Stoff | pro 1 g Stoff |
| | | | | g | % | mg | mg |
| 1 | a | 16° C | 1 Std. | 3,1241 | 168,9 | 244,4 | 132,1 |
| | b | » | » | 3,3652 | 187,4 | 264,8 | 147,5 |
| 2 | a | 17° C | » | 3,6319 | 188,8 | 348,1 | 167,0 |
| | b | » | » | 3,7952 | 203,3 | 354,9 | 173,2 |
| 3 | a | 17° C | » | 1,7948 | 88,8 | 201,9 | 96,3 |
| | b | » | » | 1,5351 | 80,4 | 190,0 | 91,2 |
| 4 | a | 16° C | » | 0,2586 | 13,6 | 53,15 | 25,4 |
| | b | » | » | 0,2742 | 14,3 | 48,05 | 23,8 |
| 5 | a | 17° C | » | 0,1812 | 9,5 | 43,80 | 23,1 |
| | b | » | » | 0,3084 | 17,0 | 43,80 | 24,5 |
| **Baumwollflanell.** | | | | | | | |
| 1 | a | 17° C | 1 Std. | 2,4452 | 192,0 | 256,3 | 205,6 |
| | b | » | » | 2,7710 | 207,5 | 299,6 | 228,6 |
| 2 | a | 16° C | » | 3,2336 | 177,3 | 227,8 | 124,9 |
| | b | » | » | 3,4978 | 191,0 | 246,5 | 128,0 |
| 3 | a | 17° C | » | 1,7338 | 94,0 | 180,0 | 98,2 |
| | b | » | » | 1,6782 | 89,2 | 174,2 | 89,4 |
| 4 | a | 16° C | » | 0,1558 | 8,6 | 21,3 | 11,8 |
| | b | » | » | 0,1758 | 9,6 | 19,6 | 10,6 |
| 5 | a | 17° C | » | 0,1270 | 8,6 | 10,2 | 7,8 |
| | b | » | » | 0,1207 | 9,6 | 12,8 | 9,6 |

Digitized by Google

Versucht man rechnerisch zu vergleichen die Menge des Wassergehalts mit der Menge des absorbierten Ammoniaks, so ergeben sich ziemlich regelmäfsige Beziehungen.

Tabelle XII.

**$NH_3$-Menge, welche von 1 g Wasser absorbiert wird.**

| Wollflanell | | | Baumwollflanell | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | | | mg |
| 1 | a | 64,0 | 1 | a | 100,0 |
| | b | 64,4 | | b | 102,8 |
| 2 | a | 83,9 | 2 | a | 67,5 |
| | b | 81,3 | | b | 67,1 |
| 3 | a | 86,6 | 3 | a | 99.2 |
| | b | 96,0 | | b | 95,6 |
| Durchschnitt | | 79,3 | Durchschnitt | | 88,7 |

Die Rechnung wurde unter folgender Voraussetzung ausgeführt: Von der $NH_3$-Menge, die der nasse Stoff absorbierte, wurde die durch den Stoff nebst seinem hygroskopischen Wasser absorbierte Ammoniakmenge abgezogen, die Differenz wurde auf das flüssige Wasser bezogen und auf 1 g umgerechnet.

Es zeigt sich, dafs die pro 1 g Wasser absorbierte Ammoniakmenge zwar keine konstante, aber doch eine Gröfse gleicher Ordnung darstellt. Inwieweit noch Versuchsfehler daran schuld sind, dafs die Gröfsen nicht regelmäfsig sind, ist nicht zu sagen. Auffallend ist jedenfalls, dafs bei der Wolle der Versuch 2 und 3, bei der Baumwolle der Versuch 1 und 3 zu annähernd gleichen Zahlen pro 1 g Wasser führt. Auch Chelius hat eine ähnliche Betrachtung angestellt und gefunden, dafs 1 g Wasser in Wolle durchschnittlich 109,7 mg, in Baumwolle 99,2 mg Ammoniak bindet in einer Stunde. Auch aus den Zahlen von Kifskalt ergibt sich ein ähnliches Verhältnis.

## II. Einflufs des hygroskopischen Wassers auf die Absorption.

Neuer, also auch interessanter als die Mitteilungen des vorigen Abschnittes scheinen mir die Ergebnisse zu sein, die ich in diesem mitteilen will. Meine Versuchsanordnung war die folgende: Ich

Digitized by Google

trocknete Stoffstücke im Trockenschrank und legte einen Teil davon in den Exsikkator und andere ebenso grofse unter eine Glocke, deren Luft mit Wasser gesättigt war. Nach 24 Stunden brachte ich beide Stoffsorten in eine Glocke mit Ammoniakdampf, aus der ich sie nach sehr kurzer Zeit herausnahm, um dem trockenen Stoff nicht Gelegenheit zu geben, neben Ammoniak gröfsere Wasserdampfmengen aufzunehmen. Meine Versuchszeit war 10 Minuten, ich ging aber bis zu 2 Minuten herunter. Die Resultate zeigt Tabelle XIII.

Tabelle XIII.

**1. Versuch.**

Bei 16° C. $NH_3$-Menge, welche von 1 g Stoff absorbiert wird.

| Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| trocken | | feucht (nicht nafs) | | trocken | | feucht (nicht nafs) | |
| Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 11,39 | | 21,10 | | 9,92 | | 13,38 | |
| 9,67 | 10,53 | 21,11 | 21,10 | 8,18 | 9,05 | 12,89 | 13,24 |

**2. Versuch.**

Bei 17° C und 5 Minuten. Absorbierte $NH_3$-Menge für 1 g Stoff.

Wollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 7,47 mg | |
| » . . | | 9,14 » | 8,31 mg |
| Feucht . . | 0,1820 g | 18,10 » | |
| » . . | 0,1800 » | 16,15 » | 17,12 » |

Baumwollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 4,27 mg | |
| » . . | | 5,57 » | 4,88 mg |
| Feucht . . | 0,1188 g | 8,31 » | |
| » . . | 0,1254 » | 7,02 » | 7,66 » |

Digitized by Google

**3. Versuch.**

Bei 17° C und 2 Minuten. Absorbierte $NH_3$-Menge für 1 g Stoff.

Wollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 5,84 mg | |
| » . . | | 6,99 » | 6,41 mg |
| Feucht . . | 0,1972 g | 19,95 » | |
| » . . | 0,1999 » | 20,11 » | 20,03 » |

Baumwollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 2,36 mg | |
| » . | | 2,91 » | 2,63 mg |
| Feucht . | 0,1323 g | 6,57 » | |
| » . | 0,1294 » | 8,64 » | 7,60 » |

In einigen Versuchen habe ich auch den Wassergehalt des feuchten Stoffs bestimmt. Aus den Versuchen folgt, dafs das hygroskopische Wasser eine aufserordentlich wichtige Rolle spielt bei der Absorption des Ammoniaks. Schon in 2 Minuten nimmt der mit Wasserdampf gesättigte Wollflanell und Baumwollflanell ziemlich maximale Ammoniakmengen auf, währenddem der trockene Stoff sehr langsam nachhinkt. Die trockene Wolle besitzt selbst nach 10 Minuten erst die Hälfte ihres maximalen Ammoniakgehaltes. Man kann sagen, die Ammoniakzunahme dauert so lang, bis das Maximum der hygroskopischen Feuchtigkeit erreicht ist.

Es liegt nahe, aus diesen Zahlen zu berechnen, wieviel $NH_3$ ein Gramm hygroskopischen Wassers absorbiert. Doch stöfst die Berechnung auf Schwierigkeiten, denn der Wassergehalt der »trocknen« Kontrollproben war am Ende des Versuches, d. h. nach 2 resp. 5 Minuten, nicht mehr Null, und es ist deshalb nicht erlaubt, von dem $NH_3$-Gehalt des feuchten Stoffes den Ammoniakgehalt des trocknen Stoffes zu subtrahieren und die Differenz auf den $NH_3$-Gehalt des hygroskopischen Wassers zu beziehen.



Digitized by Google

## 12. Beziehung des absorbierten Ammoniaks zur Temperatur.

Kifskalt hat konstatiert, dafs die absorbierte Ammoniakmenge mit der Temperatur sinkt. Meine Untersuchungen in dieser Richtung habe ich in Tabelle XIV niedergelegt.

Tabelle XIV.

**$NH_3$-Menge, welche von dem Stoff pro 1 Stunde absorbiert wird.**

| Temperatur | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pro 100 qcm | | pro 1 g | | pro 100 qcm | | pro 1 g | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 3° C | 54,34 | | 27,64 | | 18,70 | | 9,70 | |
| | 53,66 | 54,00 | 27,19 | 27,41 | 25,50 | 22,10 | 13,40 | 11,60 |
| 17° C | 48,65 | | 24,54 | | 17,85 | | 9,40 | |
| | 49,41 | 49,03 | 23,68 | 24,11 | 15,30 | 16,58 | 8,10 | 8,70 |
| 25° C | 45,50 | | 21,19 | | 8,10 | | 6,15 | |
| | 42,95 | 44,22 | 20,34 | 20,76 | 8,50 | 8,30 | 5,87 | 6,01 |
| 37° C | 38,70 | | 18,85 | | 7,65 | | 5,60 | |
| | 39,25 | 38,97 | 19,13 | 18,99 | 8,50 | 8,06 | 5,90 | 5,80 |

Ich komme zu ähnlichen Resultaten wie Kifskalt, der aber unkorrigierte Werte mitteilt. Doch ist bei ihm der Temperatureinflufs etwas stärker, als ich ihn fand. Ich habe auf die weitere Verfolgung dieses Themas nicht viel Zeit verwendet.

## 13. Hat die Erschöpfung der Kleidungsstoffe durch Äther einen Einflufs auf die Ammoniakbindung?

Kifskalt konnte keinen solchen Einflufs konstatieren. Ich habe wenigstens eine kleine Steigerung der Ammoniakbindung durch Entfetten finden können. Baumwoll- und Wollflanell (je 1000 qcm) wurden 16 Stunden lang mit Äther extrahiert und getrocknet. Leider versäumte ich, den Äther vorher auf seine Reaktion zu untersuchen. Im Ätherextrakt fand ich bei 100 qcm Wollflanell 0,9 cm Normalsäure, in 100 qcm Baumwollflanellextrakt 0,23 Normalsäure. Die Bindungsfähigkeit für Schwefelsäure war bei dem Wollstoff, wie ich mich durch einen besonderen Versuch überzeugte, nicht verändert. Die Ammoniakabsorption ist aus Tabelle XV zu ersehen.

Digitized by Google

Tabelle XV.

$NH_3$-Menge, welche von 1 g entfettetem Stoff pro 30 Min. absorbiert wird.

| Temperatur | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | entfettet | | nicht entfettet | | entfettet | | nicht entfettet | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 17° C | 22,22 | | 21,92 | | 7,23 | | 4,96 | |
| | 19,99 | 21,11 | 18,99 | 20,46 | 5,52 | 6,38 | 4,29 | 4,63 |
| 16° C | 21,55 | | 19,94 | | 7,63 | | 6,07 | |
| | 24,11 | 22,83 | 20,85 | 20,40 | 6,63 | 7,13 | 7,00 | 6,52 |

Um zu sehen, ob an der vermehrten Ammoniakaufnahme des entfetteten Stoffes eine gröfsere Hygroskopizität des letzteren schuld sei, bestimmte ich auch die Wasserdampfaufnahme, fand aber, wie Tabelle XVI zeigt, keine auffallenden Differenzen.

Tabelle XVI.

| Nr. | Wasserdampf in der Luft | Zeitdauer | Temperatur | Absorbierte Wassermenge | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Wollflanell | | Baumwollflanell | |
| | | | | gewöhnl. | entfetteter | gewöhnl. | entfetteter |
| | | | | % | % | % | % |
| 1 a | gesättigt | ½ Std. | 17° C | 3,10 | 2,50 | 3,00 | 3,00 |
| b | » | 1½ Std. | » | 4,60 | 4,90 | 4,50 | 4,30 |
| c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,86 | 7,70 | 4,14 | 4,11 |
| 2 a | gesättigt | ½ Std. | 17° C | 3,38 | 3,41 | 2,97 | 3,83 |
| b | » | 1½ Std. | » | 5,16 | 5,27 | 4,26 | 4,38 |
| c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,31 | 7,51 | — | — |

Ich mufs bekennen, dafs die Unterschiede in die Fehlergrenzen fallen und nicht einmal durchweg zugunsten des entfetteten Stoffes ausgefallen sind.

## 14. Verändert sich die absorbierte Ammoniakmenge in dem aus der Ammoniakatmosphäre entfernten Stoffstück durch Bewegung desselben?

Eine Bewegung des herausgenommenen, mit Ammoniak imprägnierten Läppchens von ca. 1 m in einer Sekunde nenne ich in folgendem eine »Bewegung«. Durch eine solche Bewegung mufste man erwarten, das Ammoniak vollständig aus den Poren entfernen zu können. Es war interessant, wie sich bei weiteren Bewegungen



Digitized by Google

der Ammoniakgehalt stellen würde. Tabelle XVII bringt eine gröfsere Reihe solcher Versuche mit Woll- und Baumwollflanell, aus denen hervorgeht, dafs die erste Bewegung bei Baumwollflanell einen starken Einflufs hat.

Tabelle XVII.

1. Versuch.

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | Wollflanell | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff |
| ohne | 18,00 mg | 14,05 mg | 22,55 mg | 11,07 mg |
| 1 | 5,95 » | 4,51 » | 21,70 » | 10,24 » |
| 2 | 3,40 » | 2,49 » | 21,70 » | 10,50 » |
| 3 | 0,85 » | 0,61 » | 20,00 » | 9,73 » |

2. Versuch.

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | Wollflanell | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff |
| ohne | 5,95 mg | 4,65 mg | 43,80 mg | 22,46 mg |
| 3 | 2,55 » | 1,90 » | 41,25 » | 19,54 » |
| 5 | 1,70 » | 1,25 » | 37,00 » | 18,13 » |
| 10 | 0,85 » | 0,65 » | 33,30 » | 15,75 » |

3. Versuch.

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | | | Wollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| ohne | 13,60 | | 7,40 | | 40,40 | | 20,49 | |
| » | 14,45 | 14,03 | 7,63 | 7,52 | 42,44 | 41,42 | 21,15 | 20,82 |
| 5 | 6,80 | | 3,85 | | 34,79 | | 17,27 | |
| 5 | 5,95 | 6,38 | 3,28 | 3,57 | 35,81 | 35,30 | 17,80 | 17,53 |
| 10 | 1,70 | | 0,71 | | 30,20 | | 15,15 | |
| 10 | 2,55 | 2,13 | 1,14 | 1,03 | 32,75 | 31,47 | 16,09 | 15,62 |
| 15 | 1,70 | | 0,94 | | 28,50 | | 14,09 | |
| 15 | 0,85 | 1,28 | 0,48 | 0,71 | 26,46 | 27,48 | 13,32 | 13,70 |

Digitized by Google

Die späteren Bewegungen sind von wesentlich geringerem Einflufs. Nach der 10. oder 15. ist aber so ziemlich alles Ammoniak beim Baumwollflanell verschwunden. Wesentlich anders verhält sich der Wollflanell, der von seinem hohen Ammoniakgehalt in den durch eine oder drei Bewegungen so gut wie nichts abgibt, und selbst nach der 10. und 15. Bewegung noch sehr erhebliche Mengen über die Hälfte der anfänglichen zurückhält.

Die grofse absolute Differenz der einzelnen Versuche dürfte sich teilweise durch einen verschiedenen Ammoniakgehalt in der Luft erklären, auf dessen Konstanthaltung ich bei diesen Versuchen, wo ich nur relative Werte haben wollte, vielleicht nicht immer genügend Sorgfalt verwendet habe. Ich habe die Versuche später nochmals wiederholt, wobei ich die Stoffproben getrocknet anwendete und sie 10 Minuten lang in die Glocke mit Ammoniakdampf brachte. Es sind also diese Versuche mit Stoff von sehr geringem Wassergehalt angestellt. Die Resultate von Tabelle XVIII ergaben diesmal auch eine ziemliche Beständigkeit des Ammoniakgehaltes in dem Baumwollflanell.

Tabelle XVIII.

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | | | Wollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| ohne | 11,56 | | 6,00 | | 25,95 | | 12,73 | |
| » | 10,71 | 11,23 | 5,71 | 5,81 | 23,57 | 24,76 | 11,82 | 12,27 |
| 10 | 7,31 | | 3,94 | | 22,89 | | 11,60 | |
| 10 | 6,46 | 6,87 | 3,56 | 3,75 | 21,87 | 22,76 | 10,88 | 11,24 |
| 30 | 5,61 | | 2,99 | | 18,81 | | 9,44 | |
| 30 | 4,76 | 5,18 | 2,50 | 2,78 | 19,66 | 19,23 | 9,95 | 9,69 |

Trotz 30 Bewegungen war das $NH_3$ nur auf etwa die Hälfte zurückgegangen. Noch beständiger erwies sich der Ammoniakgehalt des Wollflanells, der nach 30 Bewegungen noch etwa 80% des Anfangsgehalts betrug. Endlich habe ich untersucht, wie sich bei lang fortgesetzten Bewegungen der Ammoniakgehalt gestaltet.

Digitized by Google

Tabelle XIX.

| Bewegungszahl | Wollflanell | | Baumwollflanell | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ für 100 qcm Stoff | $NH_3$ für 1 g Stoff | $NH_3$ für 100 qcm Stoff | $NH_3$ für 1 g Stoff |
| 100 | 18,64 mg | 9,54 mg | Spur | Spur |
| 200 | 15,92 » | 8,29 » | » | » |
| 500 | 14,05 » | 7,30 » | » | » |
| 1000 | 12,09 » | 6,37 » | » | » |

Es folgt also, dafs der Wollstoff auch nach vielen Bewegungen das Ammoniak aufserordentlich festhält, währenddem der Baumwollflanell nach 100 Bewegungen nur noch Spuren von Ammoniak erkennen läfst (Tabelle XIX.) Jedenfalls ist die Verbindung des Ammoniaks mit dem Wollstoff eine wesentlich festere wie mit der Baumwolle, und es liegt durchaus nahe, an eine chemische Bindung mindestens eines Teils dieses Ammoniaks zu denken. Dafs hygroskopisches Wasser dazu notwendig ist, spricht nicht gegen eine Beteiligung der Wollfaser selbst an der Bindung. Nach den Resultaten des vorigen Versuchs war es interessant, auch einmal Baumwoll- und Wollstoff einfach in der Richtung zu untersuchen, wie lang sie nach einstündigem Aufenthalt in der Ammoniakglocke beim ruhigen Aufhängen im Zimmer ihren Ammoniakgehalt behalten.

## 15. Wie lange bleibt $NH_3$ in den aufgehängten trockenen Kleidungsstoffen enthalten?

Tabelle XX. In der Zimmertemperatur 16—17° C.

| Nach dem Verlassen d. Ammoniakglocke | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| sofort | 43,80 | | 20,78 | | 17,00 | | 8,55 | |
| » | 48,22 | 46,01 | 24,29 | 22,53 | 18,00 | 17,81 | 9,63 | 9,09 |
| 24 Std. | 11,33 | | 5,82 | | Spur | | Spur | |
| » | 12,01 | 11,67 | 5,79 | 5,80 | » | Spur | » | Spur |
| 48 Std. | 8,75 | | 4,37 | | » | | » | |
| » | 10,65 | 9,70 | 5,35 | 4,86 | » | » | » | » |
| 72 Std. | 8,95 | | 4,42 | | » | | » | |
| » | 7,08 | 8,01 | 3,51 | 3,96 | » | » | » | » |

Digitized by Google

In dem Brutschrank 37 ° C.

| Nach dem Verlassen d. Ammoniakglocke | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| sofort | 40,97 | | 19,52 | | 20,40 | | 11,01 | |
| » | 36,55 | 38,76 | 18,70 | 19,11 | 20,40 | 20,40 | 10,86 | 10,93 |
| 24 Std. | 6,40 | | 3,17 | | Spur | | Spur | |
| » | 5,72 | 6,06 | 2,87 | 3,02 | » | Spur | » | Spur |
| 48 Std. | 8,10 | | 3,84 | | » | | » | |
| » | 8,10 | 8,10 | 3,91 | 3,87 | » | » | » | » |
| 72 Std. | 8,07 | | 4,00 | | » | | » | |
| » | 5,29 | 6,64 | 2,57 | 3,28 | » | » | » | » |

Die Resultate stimmen sehr wohl mit denen des früheren Abschnitts. Wollflanell verliert selbst im Brutschrank in 24 Stunden nur rund $^6/_7$ seines Ammoniakgehaltes und bewahrt selbst 72 Stunden lang die Menge, die nach 24 Stunden noch vorhanden war. Bei Zimmertemperatur ist der Ammoniakgehalt nach 24 Stunden etwa $^1/_5$ des Anfangsgehalts. Beim Baumwollflanell ist dagegen nach 24 Stunden sowohl im Brutschrank als wie bei Zimmertemperatur der Ammoniakgehalt bis auf Spuren verschwunden.

Der Ammoniakgehalt im Wollflanell veranlafste mich, noch eine kleine Versuchsreihe anzustellen, in der ich nach längeren Tagen die Ammoniakmengen in 100 qcm Ammoniak feststellte. Die Resultate der Tabelle sprechen für sich.

Tabelle XXI.

**Wollflanell.**

| Nach dem Verlassen der Ammoniakglocke | Im Zimmer (16—17°) | | Im Brutschrank (37° C) | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ pro 100 qcm Stoff | $NH_3$ pro 1 g Stoff | $NH_3$ pro 100 qcm Stoff | $NH_3$ pro 1 g Stoff |
| 5 Tage | 6,91 mg | 3,45 mg | 4,02 mg | 1,98 mg |
| 9 » | 7,08 » | 3,56 » | 4,02 » | 2,01 » |
| 12 » | 8,09 » | 4,07 » | 2,49 » | 1,23 » |
| 20 » | 6,59 » | 3,22 » | 2,22 » | 1,16 » |

Digitized by Google

Bis zu 20 Tagen ist bei Zimmertemperatur der nach 24 Stunden vorhandene Ammoniakrest noch vorhanden, also doch höchst wahrscheinlich chemisch gebunden.

Bei Bruttemperatur ist die Abnahme rascher, aber auch hier nach 20 Tagen noch ein geringer Ammoniakgehalt merklich.

Der Geruch nach Ammoniak ist bei Wollflanell bei 37° nach etwa 4 Stunden, bei Zimmertemperatur etwa 16 Stunden lang in Spuren merklich. Baumwollflanell riecht schon nach 1 Stunde sowohl bei Zimmertemperatur wie bei 37° nicht mehr.

Aus all den mitgeteilten Tatsachen möchte ich vermuten, dafs Ammoniak in drei Formen in dem Stoff vorhanden ist:

1. Eine sehr geringe Menge in den Poren,
2. eine gewisse Menge auf der Faser kondensiert,
3. eine gewisse Menge von der Faser chemisch gebunden.

Bei der Wolle möchte ich vermuten, dafs etwa die Hälfte des Ammoniaks chemisch, die Hälfte nur durch Absorption gebunden ist. Bei der Baumwolle spielt die chemische Bindung eine viel bescheidenere Rolle, wenn man überhaupt eine solche annehmen will.

## 16. Absorbieren die Kleidungsstoffe Ammoniak aus einer sehr schwach ammoniakhaltigen Luft?

Das Spülklosett des Hygienischen Instituts zeigt keinen merklichen Ammoniakgeruch. Immerhin versuchte ich durch Aufhängen von Woll- und Baumwollflanell während 31, ein anderes Mal während 28 Tagen eine Ammoniakabsorption zu erhalten. Meine Wollflanellstückchen von 100 qcm nahmen denn auch in der Tat durchschnittlich 4,7 mg (2,2 mg pro 1 g) auf, während die Baumwollstückchen keine deutlichen Resultate geben. Beim zweiten Versuch enthielten die beiden Wollflanellstücke durchschnittlich 3,56 mg (1,67 pro 1 g), und die beiden Baumwollflanellstückchen wieder nur minimale Mengen. Man könnte also, auf diese Versuche gestützt, das Aufhängen von Wollflanellstückchen dazu verwenden, um das Auftreten sehr kleiner Ammoniakmengen in einem Raum zu konstatieren.

Digitized by Google

## 17. Findet eine Oxydation des Ammoniaks in den Kleidungsstoffen statt?

In sorgfältigen Arbeiten haben Fleck[1]) und Uffelmann[2]) gezeigt, dafs verdünnte Ammoniaklösungen, ohne Mitwirkung von Mikroorganismen in Fliefspapierstreifchen aufgesaugt, an der Luft in salpetrige Säure übergehen. Ich habe das Gleiche für Streifen von Baumwollflanell leicht zeigen können. Meine Versuchsanordnung war folgende: Ich liefs Streifchen von 2 cm Breite und 30 cm Länge mit einem Ende in eine schwache Ammoniaklösung eintauchen und das andere Ende über einen niedrig aufgestellten Becher hängen. Nach 40 Stunden war genügend Flüssigkeit durch Kapillarität abgelaufen, um darin mit Leichtigkeit geringe Mengen salpetriger Säure nachweisen zu können. Ein Kontrollversuch mit Wasser ergab ein negatives Resultat. Selbstverständlich hatte ich mich überzeugt, dafs die von mir angewendete Baumwollflanellsorte nicht selbst von Anfang an kleine Mengen salpetriger Säure enthielt, wie ich dies von verschiedenen meiner Stoffe konstatieren konnte. Als ich die gleichen Versuche mit Wollstreifen machte, bekam ich lauter negative Resultate. Ich habe dann auf Anregung von Herrn Professor Lehmann sehr verdünnte Nitritlösungen mit Wolle zusammengebracht und konstatiert, dafs die salpetrige Säure durch Wolle zum Verschwinden gebracht wurde. Es wirkt also Wolle auf salpetrige Säure etwa wie Harnstoff und gewisse Amidoverbindungen zerstörend ein. Nicht untersucht ist, ob nicht gewisse Ammoniakmengen in der Wolle erst oxydiert und die salpetrige Säure dann wieder denitrifiziert wird. Auch ob sich Mikroorganismen bei diesen Reaktionen beteiligen, habe ich nicht untersucht.

## 18. Über die Absorption verschiedener Riechstoffe durch Kleidungsstoffe.

Als Anhang zu meiner Arbeit habe ich geprüft, wie sich die Kleidung zu verschiedenen riechenden Stoffen verhält, nament-

1) Die Oxydation des Ammoniaks im Brunnenwasser. 12. u. 13. Jahresbericht d. chem. Centralblatts zu Dresden.

2) Oxydation des Ammoniaks im Wasser und im Boden. Archiv f. Hyg., Bd. IV, 82.

Digitized by Google

lich schien es von Interesse festzustellen, ob Wolle und Baumwolle sich hier verschieden verhalten. Bei der Unmöglichkeit, die absorbierten Stoffe quantitativ zu bestimmen, mufste man sich mit Geruchprüfungen zufrieden geben und um Irrtümer auszuschliefsen, die Versuche möglichst wiederholen.

Tabelle XXII.

**Thymol.** (Versuchsdauer 23 Stunden.)

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | stark | stärker als Wolle |
| 1 Stunde | gut | gut |
| 2 Stunden | gut | Spur |
| 4 Stunden | schwach | Spur |
| 6 Stunden | schwach | — |

**Thymol.** ($3^1/_2$ Stunden in Thymoldampf.)

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | gut | stärker als Wolle |
| 1 Stunde | schwach | gut |
| 3 Stunden | schwach | schwach |
| 4 Stunden | Spur | Spur? |

**Tabakrauch.**

3 Stunden im starken Tabakrauch.

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | stark | stark |
| 2 Tage | gut | schwach |
| 5 Tage | — | Spur |
| 6 Tage | — | Spur |

15 Stunden im starken Tabakrauch.

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | sehr stark | sehr stark |
| 1 Tag | sehr stark | stark |
| 8 Tage | Spur | Spur |

Digitized by Google

30 Minuten im starken Tabakrauch.

| Nach dem Heraus-nehmen | Woll-flanell grau | Woll-flanell tiefblau | Woll-flanell weifs | Bieber weifs | Köper weifs | Baumwoll-flanell (b) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| sofort | stark | stark | stark | sehr stark | sehr stark | sehr stark |
| 1—2 Tage | stark | stark | stark | stark | stark | stark |
| 13 Tage | Spur | schwach | schwach | — | Spur | schwach |
| 20 Tage | — | — | Spur | — | Spur | Spur |

20 Stunden lang im starken Tabakrauch.

| Nach dem Herausnehmen | sofort | 1 Tag | 8 Tage | 9 Tage | 11 Tage |
|---|---|---|---|---|---|
| Wollflanell I . . . . . | stark | stark | schwach | schwach | Spur |
| › II . . . . . | stark | schwach | — | — | — |
| › III . . . . . | sehr stark | schwach | schwach | schwach | Spur |
| Kaschmir . . . . . . | stark | schwach | — | — | — |
| Cheviot . . . . . . . | stark | Spur | — | — | — |
| Baumwollflanell (b) . . | stark | stark | Spur | — | — |
| Köper . . . . . . . | sehr stark | stark | Spur | Spur | — |
| Bieber . . . . . . . . | stark | stark | Spur | Spur | — |
| Baumwolltuch . . . . . | stark | schwach | — | — | — |
| Schirting . . . . . . | stark | schwach | — | — | — |

**Kreosotdampf.** 3 Stunden im Kreosotdampf.

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | stark | stärker als Wolle |
| 2 Stunden | Spur | schwach |
| 1 Tag | — | schwach |
| 3 Tage | — | Spur |

**Kampherdampf.** 20 Stunden im Kampherdampf.

| Nach dem Herausnehmen | sofort | $1^1/_2$ Std. | 5 Std. | 8 Std. | 24 Std. |
|---|---|---|---|---|---|
| Bieber . . . . . . . . | schwach | Spur | Spur | — | — |
| Baumwollflanell . . . | schwach | — | — | — | — |
| Köper . . . . . . . . | stark | Spur | — | — | — |
| Baumwolltuch . . . . . | schwach | — | — | — | — |
| Wollflanell I (weifs) . . | schwach | schwach | Spur | Spur | — |
| › II (grau) . . | schwach | — | — | — | — |
| › III (tiefblau) . | stärker | Spur | — | — | — |

Digitized by Google

4 Stunden im Kampherdampf.

| Nach dem Herausnehmen | Kaschmir | Schirting | Cheviot |
|---|---|---|---|
| Sofort | schwach | stark | Spur |
| 3 Stunden | Spur | Spur | — |

**Bergamottöl.**

| | 3 Stunden im Bergamottöldampf | | $15^1/_2$ Stunden im Bergamottöl | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nach dem Herausnehmen | | | | | |
| | sofort | 25 Min. | sofort | $1^1/_2$ Std. | 2 Std. | 4 Std. |
| Kaschmir | schwach | — | gut | schwach | Spur | — |
| Wollflanell I (weiſs) | stark | Spur | stark | schwach | Spur | Spur |
| Baumwollflanell (b) | stark | — | gut | Spur | — | — |
| Wolltrikot | schwach | Spur | stark | Spur | — | — |
| Baumwolltrikot | schwach | Spur | gut | schwach | Spur | — |
| Schirting | gut | Spur | gut | — | — | — |

**Jodoform.**

18 Stunden im Jodoformdampf.

| | Nach dem Herausnehmen | | |
|---|---|---|---|
| | sofort | $1^1/_2$ Std. | $6^1/_2$ Std. |
| Wollflanell I | gut | schwach | Spur |
| Baumwollflanell (b) | stark | schwach | Spur |
| Kaschmir | gut | — | — |
| Schirting | stark | — | — |

**Buttersäure.**

46 Stunden im Buttersäuredampf.

| | Nach dem Herausnehmen | | | |
|---|---|---|---|---|
| | sofort | 1 Tag | 8 Tage | 21 Tage |
| Wolltrikot | stark | gut | schwach | — |
| Baumwolltrikot | stark | schwach | schwach | — |
| Wollflanell I | stark | gut | schwach | Spur |
| Baumwollflanell (b) | stark | schwach | schwach | Spur |
| Kaschmir | stark | schwach | — | — |
| Schirting | stark | schwach | schwach | — |

Digitized by Google

**Übersichtstabelle.**

| | Es bleibt der Geruch länger | |
|---|---|---|
| | im Wollstoff | im Baumwollstoff |
| Thymol | etwas länger | — |
| Tabakrauch | oft etwas länger | — |
| Kreosot | — | länger |
| Kampher | etwas länger | — |
| Bergamottöl | etwas länger | — |
| Jodoform | gleich | gleich |
| Buttersäure | gleich | gleich |

Nach dem Gesagten verhalten sich die Riechstoffe etwas verschieden zu den Geweben, so wird Thymol etwas stärker von Baumwollflanell als von Wollflanell aufgenommen, auch andere Riechstoffe scheint die Baumwolle im Momente des Herausnehmens und einige Zeit nachher reichlich zu enthalten. Mit der Zeit verliert die Baumwolle meist die Gerüche früher, nur Kreosot scheint eine Ausnahme zu machen. Es liegt nahe, diese Beobachtungen in Vergleich zu setzen, mit der Abgabe und Aufnahme anderer Stoffe, namentlich des Wassers, ich selbst konnte mich dieser Frage nicht mehr widmen, grofse Vorsicht wird bei der Beurteilung des Verhaltens aller der Substanzen notwendig sein, die sich einer quantitativen Bestimmung entziehen.[1]) Jedenfalls sind noch weitere Versuche nötig.

Zum Schlufs erfülle ich die angenehme Pflicht, dem Herrn Professor K. B. Lehmann für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen herzlichen Dank auszudrücken.

1) Die Versuche über die Absorption von Riechstoffen durch Kleidungsstoffe, die ich hier mitteile, sind schon vor zwei Jahren von Dr. P. Hofmann, damaligen Assistenten des hygienischen Institutes, auf Anregung von Herrn Prof. Lehmann, begonnen worden. Die Versuche wurden damals aufgegeben, weil es nicht recht gelingen wollte, die absorbierten Stoffe chemisch quantitativ zu bestimmen. Der damals verwendete Baumwollstoff übertraf einige Zeit nach dem Herausnehmen aus dem riechenden Dampf den Wollstoff häufiger an Geruch als dies in meinen Versuchen der Fall war.

Digitized by Google

# Über die Zersetzungsvorgänge in schmutziger Unterkleidung.

Von

Dr. **Ch. Yokote,**

a. o. Professor aus Tokio.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Chelius[1]) hat in seiner Dissertation gezeigt, dafs in schmutzigen Strümpfen starke Zersetzungsvorgänge vorkommen, speziell hat er das Ammoniak, das sie abgeben, bei Zimmer- und Bruttemperatur ermittelt. Er fafste dabei das Ammoniak als Spaltprodukt des Harnstoffes auf, konstatierte die Zunahme der Zersetzung mit der Temperatur und machte darauf aufmerksam, dafs in Baumwollstoffen stärkere Schmutzmengen sich finden und viel stärkere Zersetzungen vor sich gehen als in Wollstoffen.

Meine Versuche habe ich an zwei Hemden vorgenommen, welche ich von Arbeitern erwarb, die dieselben viele Wochen lang getragen hatten. Ich habe meine Untersuchungen nicht auf die Ammoniakbestimmung beschränkt, sondern namentlich auch die Kohlensäure bestimmt, da ja anzunehmen war, dafs die Kohlensäuremenge, die schmutzige Kleidung liefert, viel gröfser sein mufs als die Ammoniakmenge. Wird doch das Ammoniak von etwa gleichzeitig aufgetretenen Säuren der Fettsäurereihe begierig gebunden.[2])

---

1) Über die Zersetzung in der Kleidung. Dissert. aus der Universität Marburg, 1891.

2) Auch die Gewebe, besonders Wollstoffe, binden erheblich Ammoniak, wie Chelius auch fand und ich eingehend studiert habe. Vgl. die vorige Arbeit.

Digitized by Google

Zweitens hatte ich mir die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, ob bei diesen Zersetzungsprozessen wohl eine bakterielle Ursache anzunehmen sei.

Besonders interessant erscheinen mir diese Untersuchungen im Hinblick darauf, dafs Rubner und Schierbeck[2]) gefunden haben, dafs eine nennenswerte Kohlensäurebildung in der Kleidung reinlicher Menschen bei Zimmertemperatur nicht stattzufinden pflegt. Rubner hat z. B. gezeigt, dafs man aus den rasch vom Leibe gezogenen und zu einem Bündel aufgeschichteten Kleidern eines Menschen nur noch kurze Zeit eine Luft extrahieren kann, die kohlensäurereicher ist als die Zimmerluft. Schierbeck wies nach, dafs die Kohlensäureausscheidung des Menschen von der Haut aus ungefähr die gleiche ist, ob er gewöhnliche oder ganz frisch gewaschene Kleider trägt. In Erweiterung dieser Angaben habe ich nun gefunden, dafs mindestens unter gewissen Bedingungen erhebliche Kohlensäuremengen aus sehr schmutziger Kleidung erhalten werden.

### I. Versuch.

Das Material des ersten Versuchs stellte ein äufserst schmutziges Baumwolltrikothemd dar, das ein Arbeiter angeblich vier Monate lang unausgesetzt bei der Arbeit getragen hatte. Dasselbe war für das Auge und für die Nase gleich stark verunreinigt. Es verbreitete auch bei Zimmertemperatur einen stark unangenehmen Geruch. Um etwas Quantitatives über den Schmutzgehalt der Kleidung aussagen zu können, habe ich zwei Stücke des Hemds, einmal die eine Achselhöhle und zweitens ein Stück aus dem Rücken auf Chlornatrium und Ammoniak untersucht. Die Untersuchungsmethode bestand darin, dafs das Stoffstück längere Zeit sehr sorgfältig ausgewaschen wurde und, dafs in dem wäfsrigen Auszug in einer Probe nach Schlösing das Ammoniak[3]), in einer andern unter ganz vorsichtigem Veraschen der Chlornatriumgehalt bestimmt wurde. Die Resultate der Versuche sind in der kleinen Tabelle (S. 160) niedergelegt.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI.

3) Eine zweite Bestimmung habe ich so gemacht, dafs ich den wäfsrigen Auszug mit Säure versetzte, konzentrierte und dann mit Natronlauge destillierte. Ich fand jetzt pro 1 g Hemd 4,25 mg $NH_3$. Der höhere Wert erklärt sich offenbar daraus, dafs durch diese Methode der Harnstoff ganz oder teilweise in Ammoniak überging.

Digitized by Google

Tabelle I.

| Verwendetes Material | | | Waschverlust | NaCl | | | $NH_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teil des Hemdes | Gewicht | Gröfse | | gesamt | f. 1 g Stoff | f. 1 qcm Stoff | gesamt | f. 1 g Stoff | f. 1 qcm Stoff |
| | g | qcm | | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Achselhöhle | 4,5 | 126 | 1,55 g (34,4 %) | 334,3 | 74,3 | 2,7 | 11,9 | 2,6 | 0,09 |
| Rücken . . | 3,7 | 144 | 1,15 g (33,1 %) | 169,3 | 45,7 | 1,2 | 9,5 | 2,5 | 0,07 |

Die weiteren Versuche wurden nun in folgender Weise gemacht. Die ganze rechte Hälfte des Hemds wurde in eine grofse, ca. 4 l Luft enthaltende Flasche gebracht, die Flasche mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel verschlossen, durch die Öffnungen zwei Glasröhren gesteckt, von denen die eine bis auf den Boden der Flasche reichte. Ich saugte nun einen Luftstrom durch die Flasche. Die eintretende Luft passierte nacheinander konzentrierte Schwefelsäure, Nesslers Reagens, Natronlauge und Barytwasser, um sicher zu sein, dafs die Luft frei von Kohlensäure und Ammoniak sei. Die abströmende Luft passierte eine Vorlage, gefüllt mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure, und einige Pettenkofersche mit Barytwasser gefüllte Röhren. Meine Idee, das Ammoniak titrimetrisch zu bestimmen, erwies sich nicht als ausführbar. Die Titerabnahme der Schwefelsäure war stets geringer als das gebundene Ammoniak, was ich mir so erkläre, dafs in der verdünnten Schwefelsäure auch gewisse Mengen von Fettsäure absorbiert wurden, welche aus den Kleidungsstoffen stammen. Ich bestimmte deswegen das Ammoniak kolorimetrisch mit Nefslerschem Reagens, was bei einiger Übung ganz gute Resultate gibt. Die Versuche wurden in der Weise variiert, dafs ich zunächst die Ammoniak- und die Kohlensäureabgabe bei 17° und ohne Befeuchtung des Stoffes untersuchte, dann die gleiche Untersuchung bei 33° vornahm. Wie die Tabelle zeigt, ist in beiden Fällen die Ammoniakabgabe minimal, die Kohlensäureabgabe sehr klein gewesen, und meine Resultate stimmen soweit vollständig mit denen von Rubner und Schierbeck. Als ich dagegen den Stoff befeuchtete (auf 166 g Hemd wurden 100 g destilliertes Wasser zugegeben, zeigten sich schon bei 17° merkliche, bei 35—50° erhebliche, und bei 65° aufserordentlich grofse

Digitized by Google

Mengen von Ammoniak und Kohlensäure, welche aus der folgenden Tabelle näher ersehen werden können.

Tabelle II.

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von einer Hälfte des Hemdes 166,0 g pro 1 Stunde produziert wurde.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| ° C | | mg | mg |
| 17 | mäfsig trocken | — | 0,04 |
| 33 | » | Spur | 0,94 |
| 17 | nafs | 0,03 | 20,74 |
| 35 | » | 2,50 | 36,00 |
| 41 | » | 7,50 | 35,86 |
| 50 | » | 11,33 | 43,81 |
| 65 | » | 40,00 | 151,00 |

**II. Versuch.**

Dieser Versuch wurde mit einem Shirtinghemd angestellt, welches ein Arbeiter angeblich sieben Wochen unausgesetzt getragen hatte. Dasselbe war stark beschmutzt und übelriechend.

Tabelle III.

| Teil des Hemdes | Gewicht | Flächengröfse | Waschverlust | Na Cl | | | $NH_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | gesamt | f. 1 g Stoff | f. 1 qcm Stoff | gesamt | f. 1 g Stoff | f. 1 qcm Stoff |
| | g | qcm | | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Rücken | 6,5 | 368,0 | 1,2 g (18,4%) | 50,0 | 7,7 | 0,13 | 5,0 | 0,77 | 0,013 |

Das Hemd war also längst nicht so schmutzig wie das erste. Ich untersuchte wieder die rechte Hälfte dieses Hemdes nach der Methode von Versuch I. Die Resultate waren ganz ähnlich, nur waren die Zahlen ganz niedrige. Sie sind in Tabelle IV niedergelegt.

Tabelle IV.

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von einer Hälfte des Hemdes (130 g) pro 1 Stunde produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 17° C | mäfsig trocken | Spur | 2,92 mg |
| 17° » | nafs | » | 15,72 » |
| 37° » | » | 0,25 mg | 29,95 » |
| 60° » | » | 0,88 » | 27,51 » |



Digitized by Google

### III. Versuch.

Ich liefs mir selbst ein Hemd anfertigen, dessen linke Hälfte aus weifsem Wollflanell, dessen rechte Hälfte aus weifsem Baumwollflanell bestand. Es wurde von mir 22 Tage lang täglich 14 Stunden vom 1. bis 23. November getragen. Während dieser Zeitdauer nahm ich dreimal ein Bad und schwitzte nur einmal etwa 30 Minuten lang merklich. Am Schlufs der Versuchszeit schien die wollene Hälfte nicht schmutzig, die baumwollene Hälfte an der inneren Hälfte etwas schmutzig. Der Geruch des Hemdes war gering. Ein deutlicher Unterschied des Geruchs der beiden Hälften war nicht anzunehmen. Die folgende Tabelle zeigt wieder die Resultate eines analogen Versuchs, wie ich ihn mit den Arbeiterhemden vorgenommen habe. Ammoniak war aus diesem schwach schmutzigen Hemd nicht zu gewinnen und auch die Kohlensäureabgabe blieb unter den extremsten Bedingungen, hohe Temperatur und Feuchtigkeit, sehr klein.

Tabelle V.

**Menge der Kohlensäure und des Ammoniaks, welche von der linken Hälfte, Wollflanell, des Hemdes (90,0 g) pro 1 Stunde produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäfsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 0,87 mg |
| 37° » | nafs | 0 | 3,28 » |
| 50° » | » | 0 | 2,95 » |

**Menge des $CO_2$ und $NH_3$, welche von der rechten Hälfte, Baumwollflanell, des Hemdes (90,0 g) pro 1 Stunde produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäfsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 1.64 mg |
| 37° » | nafs | 0 | 2,62 » |
| 50° » | » | 0 | 2,29 » |

Ich untersuchte hierauf beide Hälften auf Chlornatrium und Ammoniak und fand folgende Zahlen:

Tabelle VI.

| | Na Cl | $NH_3$ |
|---|---|---|
| Linke Hälfte von dem Wollflanell 90,0 g . . . | 46,8 mg | 13,0 mg |
| Rechte Hälfte von dem Baumwollflanell 90,0 g . | 57,2 » | 78,0 » (?) |

Digitized by Google

Die Ammoniakbestimmung wurde diesmal kolorimetrisch im wässerigen Auszug ausgeführt. Schlieſslich habe ich noch einen

**IV. Versuch**

ausgeführt, um zu sehen, ob die reinen Stoffe Kochsalz und Ammoniak enthielten, resp. ob sie beim Erwärmen im trockenen oder feuchten Zustand Ammoniak und Kohlensäure abgäben.

Das Resultat war, daſs in 100 g Stoff einige mg Chlor und kein Ammoniak gefunden wurde.

Tabelle VII.

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von dem neuen Wollflanell (88 g) produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäſsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 1,2 mg |
| 15° » | naſs | 0 | Spur |
| 37° » | » | 0 | 2,91 mg |

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von dem neuen Baumwollflanell (71 g) produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäſsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 1,75 mg |
| 16° » | naſs | 0 | Spur |
| 37° » | » | 0 | 2,27 mg |

Wie die Tabelle zeigt, war die Ammoniakabgabe 0, die Kohlensäureabgabe eine spurweise, etwa in gleicher Gröſse, wie bei dem von mir 22 Tage lang getragenen Hemd. Man wird also mit Rubner und Schierbeck von der wenig beschmutzten Kleidung keine Verunreinigung in der Luft erwarten dürfen. Erst wenn dasselbe sehr schmutzig und gleichzeitig feucht und warm ist, sind die Mengen Kohlensäure und Ammoniak, die abgegeben werden, beträchtlicher. Dieser Fall tritt eigentlich praktisch fast nur ein, wenn das schmutzige Hemd auf dem Leib durch Schweiſs erwärmt und durchfeuchtet ist. Ein solches Hemd, feucht ausgezogen und zusammengelegt aufbewahrt, ist eine bescheidene



Digitized by Google

Quelle von Verunreinigung, solange der Aufbewahrungsort nicht heifs ist. Dann können allerdings gröfsere Mengen feuchter und schmutziger Wäsche die Luft in einem Raume nicht unwesentlich verunreinigen. Dagegen ist die Verunreinigung durch trockene schmutzige Wäsche niemals bedeutend.

Es wäre nur noch die Frage zu diskutieren, ob die verstärkte Kohlensäureproduktion bei höheren Temperaturen ein rein chemischer oder ein biologischer Vorgang ist. Ich glaube die Tatsache allein, dafs das Optimum bei 65° liegt oder vielmehr der Umstand, dafs ich bei der höchsten Temperatur (65°), die ich anwendete, die besten Resultate erhielt, beweist schon, dafs man an einen chemischen und nicht an einen bakteriellen Vorgang denken mufs. Denn gröfsere Mengen thermophiler Bakterien in der Kleidung anzunehmen, ist an sich nicht wahrscheinlich, und dann würden doch auch diese Bakterien nicht sofort nach Befeuchten und Erwärmen der Kleidung ihre Arbeit in grofsem Mafsstab zu beginnen in der Lage sein. Sie müfsten sich doch erst vermehren. Die direkten Versuche aus einem Hemd, das längere Zeit bei 50° behandelt war, Kolonien auf Gelatine zu gewinnen, fielen zwar positiv aus, doch war die Kolonienzahl eine sehr kleine. Höchst wahrscheinlich wird die Kohlensäure und Ammoniakbildung auf eine Harnstoffspaltung bei höheren Temperaturen zurückzuführen sein.

Zum Schlufs erfülle ich die angenehme Pflicht meinem Lehrer, Herrn Prof. K. B. Lehmann, für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

---

Digitized by Google

# Über die Isolierung gärungserregender Enzyme aus Kuh- und Frauenmilch.

Von

**Julius Stoklasa,**

unter Mitwirkung von **F. Černý, Johann Jelínek, Eugen Šimáček** und **Eugen Vítek.**

(Aus der chem.-physiologischen Versuchsstation der k. k. böhm.-techn. Hochschule in Prag.)

Escherich hat die Hypothese aufgestellt, dafs in der Frauenmilch sich Fermente befinden, welche die Assimilation der Nahrung seitens des Säuglings herbeiführen, so dafs bei künstlich ernährten Kindern neben den Schwierigkeiten, welche sie in den Verdauungswegen zu überwinden haben, auch noch Störungen in der Assimilation und Verwertung des aufgenommenen Nahrungsmaterials, also im intermediären Stoffwechsel, vorhanden sind.

Auf Anregung Escherichs wurden die Enzyme der Milch von hervorragenden Forschern studiert; ich führe nur die Arbeiten von Arnold, Babcock, Russel, Raudnitz, Storels, Vivian u. a. m. an.

Aus neueren Arbeiten geht hervor, dafs die Frauenmilch Amylase, ein tryptisches Ferment, Lipasen, aber keine Oxydasen enthält, während in der Kuhmilch neben anderen Fermenten Oxydasen, jedoch keine Amylasen nachweisbar sind.

Die Isolierung der Enzyme aus der Milch neben einer so ungeheuren Menge von Mikroben, durch welche dieselbe ausgezeichnet ist, gestaltet sich als eine überaus schwierige Arbeit und erfordert eine gewisse Routine in der vollständigen Trennung

Digitized by Google

der chemischen Prozesse, die durch die Enzyme in der Milch hervorgerufen werden von den Enzymen der Bakterien, die in derselben enthalten sind.

Wir schreiten zunächst zur Erörterung des Charakters der Enzyme aus der Kuhmilch.

## Enzyme aus Kuhmilch.

Duclaux sagt in seinem Werke: »Principes de laiterie«: »Die Milch ist frei von Mikroben, wenn sie von einem gesunden Euter sezerniert wird.« Diese Anschauung findet nach den neuesten Untersuchungen keinen Anklang. Aus den Beobachtungen von Schulz, Larsen, Barthel, Backhaus, Oppel und Freudenreich, von Freudenreich und Thöni, Lux etc. geht hervor, dafs von einer keimfreien Milchdrüse überhaupt keine Rede sein könne.

Der Keimgehalt der Milch, wenn er auch zu Beginn, gleich nach der Melkung, unbedeutend wäre, steigt in vielen Fällen, wie uns die Erfahrung lehrt, in ungeheurem Mafse. Die Zahl der Mikroorganismen erhöht sich, wenn die Milch längere Zeit in den Aufbewahrungsgefäfsen gestanden hat.

Nicht selten sind wir in der Lage, 1—10 Millionen Keime in 1 ccm Milch zu konstatieren; ja es sind Fälle bekannt, dafs in der gemolkenen Milch bis 20 Millionen Keime pro ccm festgestellt werden konnten.

Man kann sich nun vorstellen, welche Vorsicht bei dem Studium der Enzyme aus Milch notwendig ist.

Wir haben nach einer Reihe vergeblicher Experimente den weiter unten angedeuteten Modus gewählt, welcher uns unter 60 Versuchen 18 mal gelungen ist, so dafs bei diesen 18 Versuchen mit voller Bestimmtheit konstatiert werden konnte, dafs der Chemismus der Gärung ausschliefslich durch Enzyme, welche sich in der Milch befanden, und bei welchen die Mitwirkung von Mikroben vollständig ausgeschlossen war, hervorgerufen wurde.

Von der Gegenwart oder Abwesenheit der Mikroben überzeugten wir uns durch Überimpfung auf Milchgelatine und auf Milchagar.

Digitized by Google

## Isolierung der Rohenzyme.

Zur Isolierung der Enzyme wurden gewöhnlich 2—3 l frisch gemolkener Kuhmilch verwendet.

Diese wurde in einen hohen Zylinder gegossen, welchen man vor dem Gebrauche mit Sublimat und sterilisiertem Wasser ausschweifte, worauf ein gleiches Quantum absoluten Alkohols hinzugegossen wurde. Zum Schlusse fügt man sofort die $1\frac{1}{2}$-fache Quantität Äthers hinzu. Z. B. auf 2 l Milch wurden 2 l Alkohol und 3 l Äther verwendet. Allsogleich nach erfolgter Hinzufügung des Äthers wird der ganze Zylinderinhalt in einen anderen Zylinder übergegossen, wobei sich rasch ein reichlicher, käsiger Niederschlag ausscheidet, der schnell zu Boden des Gefäfses sinkt.

Bei dieser Gelegenheit mufs bemerkt werden, dafs sich bis nun für diese Art der Isolierung der Rohenzyme fixe Vorschriften nicht geben lassen, da die Menge des Alkohols und des Äthers, welche zur Isolierung benutzt werden, sich nach der Qualität der Milch richtet. Es läfst sich jedoch annehmen, dafs die Isolierung der Rohenzyme aus Milch dann richtig durchgeführt wurde, wenn der Niederschlag sich sofort abscheidet, und zwar in grofsen Stücken, welche rasch zu Boden sinken.

## Filtration des Niederschlages, welcher das Rohenzym enthält.

Der ganze Vorgang bei Fällung der Milch mufs rasch vorgenommen werden, so dafs Alkohol und Äther nur möglichst kurze Zeit auf das Enzym einzuwirken vermögen und infolgedessen seine Aktivität nicht abschwächen. Die Flüssigkeit über dem Niederschlag wird deshalb rasch abgegossen oder abgehebert und der so gewonnene, das gärungserregende Enzym enthaltende Niederschlag sofort abfiltriert. Die Filtration läfst sich am schnellsten mittels Leinwand bewerkstelligen. Auf die sterile Leinwand wird die erhaltene Masse aufgeschüttet und auf die Weise des noch anhaftenden Alkohols und Äthers entledigt, dafs man mit dem Filter auf und ab gerichtete, hutschenartige Bewegungen ausführt. War das das Enzym enthaltende Sediment (Rohenzym) gut ausgeschieden, so ist die Filtration in einigen Sekunden vollzogen.

Digitized by Google

## Trocknung des das Enzym enthaltenden Niederschlages.

Das so filtrierte Rohenzym wurde entweder im Vakuum oder in sterilen, zu diesem Zwecke besonders arrangierten Kolben getrocknet.

Diese Kolben waren, wie folgt, zusammengestellt: In den Hals jedes der Kolben war ein dreifach gebohrter Kautschukstöpsel eingepafst. Durch die eine dieser Offnungen ging eine ziemlich breite, knieförmig gebogene Röhre, welche bis fast an den Boden des Kolbens reichte und mit Watte gefüllt war. In die zweite Öffnung des Stopfens war eine kurze, gerade Röhre gesteckt, die ebenfalls mit Watte gefüllt war, und knapp unter dem Stopfen mündete. Die dritte Öffnung war mittels einer Glasstange verschlossen, welche, sobald die Kolben einer dreifachen fraktionierten Sterilisation unterworfen waren, durch ein Thermometer ersetzt wurde. Das Thermometer wurde, bevor man es in den betreffenden Kolben eingelassen hatte, gründlich mit einer Sublimatlösung abgewaschen und dann auf die Weise abgesengt, dafs es in Alkohol getaucht und die sehr schwache Alkoholschichte angezündet wurde.

Sodann erfolgte die Wägung jedes der Kolben.

Unter Beobachtung aller Kautelen gegen die Invasion von Mikroben wurde hierauf in die Kolben ein bestimmtes Quantum des ausgesüfsten Niederschlages eingetragen und dessen Trocknung durchgeführt. Die Kolben mit dem Enzym wurden nämlich in kupferne Trockenapparate getan, in welchen eine Temperatur von ca. 30—35° C erhalten und sterilisierte Luft in starkem Strome in der Weise durchgetrieben worden ist, dafs die kurze, unterhalb des Stopfens in den Kolbenhals mündende Röhre mit einer Wasserpumpe in Verbindung gebracht wurde, während die längere Röhre, welche fast bis an den Boden des Kolbens reichte, mit etlichen Waschflaschen, die eine konzentrierte Lösung von Sublimat enthielten, und mit etlichen Zylindern, in deren, mit steriler Watte gefülltem Innern mehrere übereinander geschichtete Lagen feinkörnigen Thymols untergebracht waren, verbunden worden ist.

Digitized by Google

## Der eigentliche Versuch.

Nachdem das Rohenzym durch die Trocknung vollständig vom Alkohol und Äther befreit worden war, wurden die Kolben neuerdings gewogen und nach Abschlag des ursprünglichen Gewichtes die Gewichtsmenge des Rohenzyms fixiert, welche zum Versuche verwendet wurde. In die Kolben wurde nun ein Antiseptikum getan und eine entsprechende Zucker-, und zwar vorwiegend Laktose-Lösung hinzugegossen, welche man vorher einer dreifachen, fraktionierten Sterilisation unterwarf.

Es gelangten 50 ccm der Lösung zur Verwendung, während das Gewicht des Rohenzyms 9—15 g betrug.

In dem Falle, wo nach dem Versuche der Verlust an Laktose bestimmt wurde, gingen wir in der Weise vor, dafs die Zuckerlösung nicht in die Kolben mit dem getrockneten Rohenzym gegossen, wobei stets bedeutende Verluste an Saccharose entstehen, sondern dafs das getrocknete und abgewogene Rohenzym in die entsprechende, quantitativ vorbereitete Laktoselösung hineingeschüttet wurde.

Der für diese Zwecke verwendete, das Rohenzym enthaltende Niederschlag wurde allerdings nicht im Kolben getrocknet, sondern im Vakuum, welches vorher gründlich mit Formalin ausgewaschen, worauf es luftdicht verschlossen und mit der Luftpumpe verbunden wurde.

Der Niederschlag wird behufs Studiums der Gärwirkung in eine 50proz. sterilisierte Laktoselösung getan. Die Versuche mit dem die Gärung hervorrufenden Rohenzym wurden in folgender, auf der nebenstehenden Abbildung (siehe Fig. I) deutlich veranschaulichten Weise durchgeführt. Durch den Hals des Gasentwicklungskolbens *G*, welcher 500 ccm fafst, geht ein genaues Thermometer *t*, weiter eine Röhre mit einem zylindrischen Trichter *T* und schliefslich eine Gasabführungsröhre, welche mit einem Liebigschen Kühler *K* verbunden ist.

In dem Trichter *T* befindet sich ein Stückchen Thymol im Gewichte von 1—2 g. Der Kühler ist mit 2 **U**-Röhren $CuSO_4$ und $CaCl_2$ gröfseren Kalibers, die mit Kupfervitriolbimsstein und Chlorkalzium gefüllt sind, verbunden.

Digitized by Google

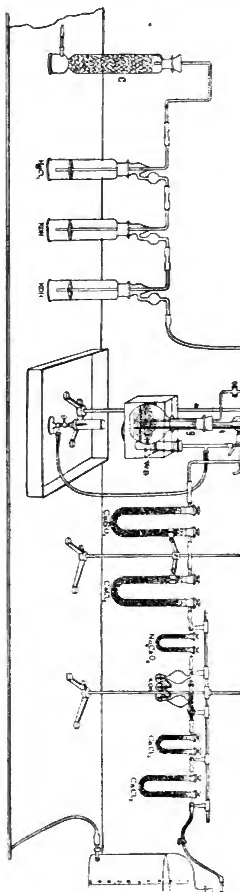


Fig. 1.

Die Luft, welche durch den Gasentwicklungskolben getrieben wurde, passiert zuerst einen, mit sterilisierter Baumwolle gefüllten Zylinder *C*, dann die Sublimatlösung $HgCl_2$ und weiter die Lösung KOH. Der Entwicklungskolben *G* befindet sich in einem kupfernen Wasserbade *WB*, welches bis an den Hals des Kolbens hinanreicht, und in welchem ein gut fungierender Äther-Thermoregulator *TR* angebracht ist. Auf der Figur finden wir ferner hinter der mit $CaCl_2$ gefüllten **U**-Röhre eine kleinere $Na_2$-$CaO_2$, die mit Natronkalk gefüllt ist; ihr folgt weiter der Geifslersche Apparat *KOH*, worauf noch zwei weitere **U**-Röhren, eine kleinere und eine gröfsere $CaCl_2$ und $CaCl_2$, mit Chlorkalzium gefüllt, vorgelegt sind, und endlich sehen wir einen Aspirator das Apparatarrangement schliefsen.

Alle Verbindungsstellen des ganzen Arrangements wurden mit Paraffin vergossen und der Inhalt des Kolbens *G* auf

eine Temperatur von 37 ° C gebracht, welche konstant durch die ganze Dauer des Versuchs erhalten wurde.

Das durch die Gärung entstandene Kohlendioxyd wurde alle 24 Stunden mittels keim- und kohlensäurefreier Luft und zwar von 6 l innerhalb dreier Stunden ausgetrieben und gewogen.

## Manipulation nach Beendigung des Versuchs.

Nachdem der Versuch beendet war, d. i. nachdem kein wägbares Quantum von Kohlendioxyd gefunden werden konnte, impften wir aus dem Versuchskolben 3—4 Milchgelatine- und Milchagarröhren, welche ebensolange beobachtet wurden, als der Versuch dauerte. Aufserdem bereiteten wir zu jedem Versuche einen Kontrollkolben in folgender Weise vor.

Die gleiche Menge des Rohenzyms als auch der Laktoselösung, wie sie zum ursprünglichen Versuche verwendet wurden, kochten wir durch eine Stunde im Kolben auf dem Sandbade, worauf die Wägung des Kolbens und eine dreifache, fraktionierte Sterilisation folgte. Dabei sahen wir darauf, dafs die Lösung stets in demselben Konzentrationsgrade bleibe.

In diese Kolben wurden soviel und solche Antiseptika getan, als ihrer der ursprüngliche Versuch enthielt und mittels einer sterilen Pipette übertrugen wir hierauf 5 ccm der Gärflüssigkeit nach absolvierter Gärung samt Niederschlag des Originalversuchs in dieselben.

Der Kontrollkolben wurde sodann wieder mit einem Kühler und einem Absorptionsapparate verbunden und hierauf täglich, wie beim ursprünglichen Versuche, die Menge des entstandenen Kohlendioxyds bestimmt.

## Analytische Methoden.

Der Inhalt der Versuchskolben wurde nach der Gärung auf 500 ccm verdünnt und in jede der erhaltenen Portionen der Alkohol, die Milchsäure und das Kohlendioxyd in der Lösung bestimmt. In gewissen Versuchen, welche wir in grofsem Mafsstabe ausführten, haben wir die flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren und dabei unter den flüchtigen auch die Essigsäure bestimmt.

Digitized by Google

## Bestimmung des Alkohols.

Ein abgemessenes Quantum der Lösung wurde hiebei mit $^1/_{10}$-Normalschwefelsäure sehr schwach angesäuert und der Destillation unterzogen. Das Destillat wurde sorgfältig mit Bariumhydroxyd neutralisiert und dann einer neuerlichen Destillation unterworfen und das Destillat in einer Menge von 10—20 ccm in einem gut kalibrierten Zylinder gesammelt.

Der Alkohol wurde nach der Methode von Verley-Bölsing (s. Berliner Berichte Bd. 34, III, S. 3354) bestimmt. Diese Methode besteht darin, dafs man 120 g Acetanhydrid mit 880 g Pyridin mengt, 30 ccm dieses Gemenges werden mit 30 ccm Wassers gemischt und mittels Titration die durch die Wirkung des Wassers entstandene Essigsäure aus dem Acetanhydrid bestimmt. Indikator: Phenolphthalein. Der Alkohol wird sodann in folgender Weise bestimmt: 30 ccm des obengenannten Gemenges werden zu 5 ccm der Flüssigkeit hinzugetan, in welchen man den Alkohol zu bestimmen hatte und durch eine Viertelstunde im kochenden Wasserbade erwärmt. Hierauf wird zu dem Gemenge ein Quantum von 30 ccm Wasser hinzugefügt und mittels Titration abermals die Essigsäure bestimmt, welche frei geworden ist.

Der Unterschied zwischen der Titration des blofsen Gemenges und der Titration des Gemenges mit Alkohol gibt uns die Essigsäure an, welche an den Alkohol als Acetan-Äthyl gebunden erscheint.

Durch vergleichende Versuche haben wir uns überzeugt, dafs diese Methode, wenn die Titration mit halber Normallauge bei konstanter Temperatur durchgeführt worden ist, ziemlich übereinstimmende Resultate liefert. Wir haben auch im »blinden« Kolben (beschickt mit sterilisiertem Enzym in Laktoselösung und 1 % Toluol) durch diese Methode Alkohol bestimmt und nur ganz geringe Mengen, die als Alkohol betrachtet werden könnten, gefunden. Jene Mengen, welche bei den Versuchen in den »blinden« Kolben resultierten und als Alkohol hätten angesehen werden können, brachten wir von der im Originalversuche konstatierten Alkoholmenge in Abzug.

Digitized by Google

Weiter haben wir uns überzeugt, dafs tatsächlich Alkohol vorhanden war, indem wir durch ein gröfseres Quantum und zwar über 100 g des getrockneten Niederschlages, 250 ccm 50 proz. Laktoselösung vergoren, wobei Sublimat zugesetzt wurde in einer Menge, dafs die ganze Lösung 0,01% $HgCl_2$ enthalten hat. Wir haben den Alkohol auch piknometrisch nach der Methode von Reischauer-Aubry bestimmt. Den weiteren Nachweis, dafs Alkohol tatsächlich vorhanden war, haben wir durch Ausscheidung von Jodoformkristallen dokumentiert.

## Milchsäurebestimmung.

Dieselbe wurde bestimmt nach der Methode von A. Partheil in Bonn (s. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel, Heft 21, Jahrgang 5, 1902). Ein abgemessenes Quantum der Lösung wurde mit verdünnter $H_2SO_4$ angesäuert und die flüchtigen Säuren dann mittels Wasserdampf abgetrieben.

Der Rest wurde sorgfältig mit Normal-NaOH neutralisiert und auf dem Wasserbade bis zur Sirupdichte abgedampft. Das Abdampfen wurde durch eine Luftpumpe beschleunigt, mittels welcher der Wasserdampf aus dem Kolben abgesogen wurde.

Hierauf wurde der Inhalt des Kolbens neuerlich mit verdünnter $H_2SO_4$ angesäuert und die Milchsäure durch zwei Tage mittels Äther ausgeschüttelt, welch letzterer in einen frischen Kolben zusammengegossen wurde. Nach vollständiger Ausschüttelung der Milchsäure wurde der Äther abdestilliert, der Rest mittels kalten Wassers über einem kleinen Filter in ein Fraktionskölbchen abgeschweift, durch KOH neutralisiert und bis zur Trockene im Wasserbade abgedampft. Hierauf wurde das Fraktionskölbchen mit einem Nitrometer (enthaltend eine 5 proz. KOH-Lösung) verbunden, durch Hinzusetzung von konzentrierter $H_2SO_4$ und schwachem Anwärmen die Reaktion eingeleitet und das sich entwickelnde Kohlenoxyd im Nitrometer aufgefangen.

Man wäscht das entwickelte Gas mit etwas Kalilauge, um schweflige Säure und Kohlendioxyd zu entfernen, und liest nach erfolgtem Ausgleich von Temperatur und Druck das Volumen des entstandenen Kohlendioxyds ab. Die auf 0° und 760 mm

Digitized by Google

Druck reduzierten Kubikzentimeter Kohlendioxyds ergeben, mit 0,0012507 multipliziert, das Geiwcht des erhaltenen Kohlendioxyds, aus dem man die Milchsäure nach der Gleichung $\frac{CO}{28} : \frac{C_3H_6O_3}{90{,}06} =$ gefundene Menge: $x$ durch Multiplikation mit $3 \cdot 216$ findet. Von der Gegenwart der Milchsäure haben wir uns in einem gröfseren Versuche überzeugt und zwar derart, dafs wir die klare Lösung nach der Gärung mit Schwefelsäure ansäuerten und mit Äther ausschüttelten.

Der Rückstand liefert ein lösliches Bleisalz, welches sodann in Zinklaktat übergeführt wird. Das Zinklaktat wird hierauf in verdünntem Alkohol umkristallisiert und dann analysiert. Durch die Uffelmannsche Reaktion wurde tatsächlich die Milchsäure nachgewiesen. Die Formel $(C_3H_5O_3)_2$ Zn + 3 aqua verlangt 21,99 Zn und wir haben durch zwei Versuche 21,1 bis 21,3 Zn gefunden.

### Bestimmung des Kohlendioxyds.

In der Lösung wurde das Kohlendioxyd bestimmt nach der Methode Kolbe-Fresenius-Classen.

### Bestimmung der Essigsäure.

Die Essigsäure wurde aus den Lösungen, welche mit Schwefelsäure angesäuert wurden, mit Wasserdampf abgetrieben und dann im Destillate als Silberazetat und zwar in farblosen Kristallen ausgeschieden. Die jedesmal vorgenommene Silberbestimmung ergab zwischen 61,5—64 % Ag. Die Theorie verlangt 64 · 64% Ag im $C_2H_3O_2$ Ag.

### Bestimmung der Laktose.

Dieselbe wurde nur in gewissen Fällen bestimmt, und zwar bei solchen, bei welchen es sich um die Feststellung der Bilanz handelte; dieselbe wurde nach der Methode von Ritthausen-Soxhlet bestimmt. In den nachstehenden Tabellen sehen wir die Resultate der Beobachtungen betreffs der durch die Enzyme aus Kuhmilch hervorgerufenen Gärungen, vorwiegend in verdünnten und konzentrierten Laktoselösungen, übersichtlich zusammengestellt. Die Gärungsprozesse, welche durch Enzyme in Glu-

Digitized by Google

kose- und Saccharoselösung hervorgerufen wurden, waren nur selten ohne Bakterien zu erzielen.

---

In der Tabelle I sind die Versuche, welche in verdünnter Laktose ausgeführt wurden, in der Tabelle II a jene Versuche verzeichnet, zu welchen 40 proz. Laktose verwendet worden ist und zwar immer bei Vorhandensein von genügenden Mengen eines Desinfiziens, d. i. 0,4—0,6 % Thymol oder 1 % Toluol.

In der Tabelle II b sind die Kontrollversuche angegeben, d. h. sie enthält die Resultate der Untersuchung, die wir durch Überimpfen eines Teiles des Inhaltes der Versuchskolben in den jeweiligen Kontrollkolben erhalten haben.

Aus dieser Tabelle II b ersieht man, dafs die in der Tabelle II a verzeichneten Gärungen stets in Abwesenheit von Bakterien vor sich gegangen sind.

In der Tabelle III a und b sind die Resultate der Versuche registriert, die wir bei der durch Enzym verursachten Gärung in 50—60 proz. Laktoselösung erhielten. Dabei ist zu beachten, dafs in der Tabelle III a die Originalversuche und in der Tabelle III b die Kontrollversuche verzeichnet erscheinen.

Aus den Tabellen[1]) geht zur Evidenz hervor, dafs wir tatsächlich den Nachweis erbracht haben, dafs in dem aus Milch gewonnenen Alkohol-Äther-Niederschlage, welcher vorwiegend aus Kasein besteht, gärungserregende Enzyme vorhanden sind, welche bei völliger Abwesenheit von Bakterien eine Gärung hervorgerufen haben.

Dafs tatsächlich nur die Enzyme die Gärung hervorgerufen haben, dafür haben wir die folgenden Belege: 1. Beim Überimpfen des Inhaltes des Versuchskolbens auf Milchgelatine- und Milchagarplatten konnte keine Bakterienentwicklung nachgewiesen werden. 2. Eine Gärung in den Kontrollkolben nach Überimpfung eines Teiles des Inhalts aus den Originalkolben (nach Absolvierung der Gärung in diesen) in die Kontrollkolben wurde nicht nachgewiesen; ferner: Die Menge des abgespaltenen

1) Siehe die Tabellen I, II u. III.

Digitized by Google

Tabelle I. Temperatur 37° C

**Wirkung des Rohenzyms aus Kuhmilch in verdünnter Laktoselösung. Verwendet wurden stets 10 g des Rohenzyms.**

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung, in der die Gärung erfolgte | Verwendetes Antiseptikum | Menge des bei der Gärung entstandenen $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I. 10 proz. Laktose | — | 0,0169 | 0,3626 | 0,5526 | 0,0980 | 0,1001 | 1,1302 | — | Gesamtmenge des Alkohols 0,3208 g |
| 2 | II. 10 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0083 | 0,3127 | 0,3870 | 0,1499 | 0,0482 | 0,9061 | 0,0193 | |
| 3 | III. 15 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0055 | 0,0004 | 0,0586 | 0,0577 | 0,0519 | 0,1741 | — | Verlust der Laktose 0,3150 g |
| 4 | IV. 15 proz. Laktose | 1,0 proz. Salizylsäure | 0,0306 | 0,0411 | 0,0191 | — | — | 0,0908 | — | |

Tabelle IIa. Temperatur 37° C

**Wirkung des Rohenzyms aus Kuhmilch in 40proz. Laktoselösung. Verwendet wurden stets 10 g des Rohenzyms.**

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung, in der die Gärung erfolgte | Verwendetes Antiseptikum | Menge des bei der Gärung entstandenen $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Gesamtmenge des Alkohols in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | I. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0078 | 0,0036 | 0,0128 | 0,0258 | 0,0154 | 0,0654 | — | — | Geimpfte Milchgelatineplatt. blieben vollkommen steril |
| 6 | II. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0083 | 0,0012 | 0,0121 | 0,0080 | 0,0073 | 0,0369 | — | — | |
| 7 | III. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0123 | 0,0093 | 0,0199 | 0,0836 | 0,0814 | 0,2065 | — | — | |
| 8 | IV. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0078 | 0,0113 | 0,0158 | 0,0304 | 0,0134 | 0,0787 | — | — | |
| 9 | V. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0458 | 0,1187 | 0,0672 | 0,0635 | 0,0261 | 0,3213 | — | — | |
| 10 | VI. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0458 | 0,0915 | 0,0250 | 0,0433 | 0,0420 | 0,2476 | — | — | |
| 11 | VII. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0306 | 0,0715 | 0,0448 | 0,0499 | 0,0373 | 0,2341 | — | — | |
| 12 | VIII. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0514 | 0,0263 | 0,0523 | 0,0696 | 0,0319 | 0,2315 | 0,1376 | 0,0941 | Verlust an Laktose 0,68 g |
| 13 | IX. 40 proz. Laktose | 1,0 proz. Toluol | 0,0227 | 0,0182 | 0,0312 | 0,0515 | 0,0314 | 0,1550 | 0,1647 | 0,0998 | Verlust an Laktose 0,61 g |
| 14 | X. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0315 | 0,0288 | 0,0268 | 0,0818 | 0,0201 | 0,1890 | 0,0802 | 0,0932 | Verlust an Laktose 0,53 g |

Digitized by Google

Tabelle IIb. **Kontrollversuche zu den in Tabelle IIa registrierten Versuchen.** Temperatur 37° C.

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung | Verwendetes Antiseptikum | Menge d. entstand. $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | III. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | — | 0,0343 | — | — | — | 0,0343 | — | Geimpfte Milchgelatineplatten blieben durch dieselbe Zeitdauer, die der Versuch selbst währte, vollkommen steril |
| 7 | IV. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | — | 0,0286 | — | — | — | 0,0286 | — | |
| 9 | V. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |
| 10 | VI. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0256 | — | — | — | — | 0,0256 | — | |
| 11 | VII. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0238 | — | — | — | — | 0,0238 | — | |
| 12 | VIII. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0173 | — | — | — | — | 0,0173 | — | |
| 13 | IX. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |
| 14 | X. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0166 | — | — | — | — | 0,0166 | — | |

Tabelle IIIa. Temperatur 37° C

**Wirkung des Rohenzyms aus Kuhmilch in 50—60 proz. Laktoselösung. Verwendet wurden stets 10 g des Rohenzyms.**

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung, in der die Gärung erfolgte | Verwendetes Antiseptikum | Menge des bei der Gärung entstandenen $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | I. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,2436 | 0,0983 | 0,1263 | 0,2646 | 0,7328 | 0,0332 | |
| 16 | II. 50 proz. Laktose | — | — | 0,3721 | 0,2955 | 0,2103 | — | 0,8779 | — | |
| 17 | III. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,1148 | 0,0626 | 0,2791 | 0,1688 | 0,6253 | 0,1351 | |
| 18 | IV. 60 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,0037 | — | 0,0750 | 0,0151 | 0,0938 | — | |

Tabelle IIIb. **Kontrollversuche zu den in Tabelle IIIa registrierten Versuchen.** Temperatur 37° C

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung | Verwendetes Antiseptikum | Menge d. entstand. $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | I. 50 proz. Laktose | — | — | 0,0355 | — | — | — | 0,0355 | 0,0120 | |
| 16 | II. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |
| 17 | III. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,0117 | — | — | — | 0,0117 | — | |
| 18 | IV. 60 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |



Digitized by Google

Kohlendioxyds erschien so gering, dafs sie höchstens 16—34 mg betrug. Diese 16—34 mg sind vielleicht teilweise noch hervorgerufen durch das Enzym, welches bei Entnahme der Impfmaterie aus dem Versuchskolben mitgerissen wurde, und hat diese letztere mit Rücksicht darauf, als sie in eine frische Lösung kam, eine schwache Abspaltung von Kohlendioxyd bewirkt. Natürlich sind diese Quanten sehr unbedeutend, wenn man auf die Gesamtmenge des Kohlendioxyds Rücksicht nimmt, welches sich bei der Gärung abspaltet; oder sie sind auf einen Versuchsfehler zurückzuführen. In zahlreichen Fällen wurde überhaupt kein Kohlendioxyd nachgewiesen, wie aus den Tabellen ersichtlich ist.

Aus der Tabelle I ist weiter zu ersehen, dafs die Gesamtmenge des abgespaltenen Kohlendioxyds in 10proz. Laktoselösung binnen 120 Stunden 1,1 g und zwar in Abwesenheit von Desinfektionsmitteln betragen hat. In diesem Falle wurde durch den Kontrollversuch tatsächlich die Mitwirkung von Bakterien sichergestellt, d. h. das Gärungsresultat stellt sich als ein Additionsprodukt der Wirkung des Enzyms und der Bakterien dar.

Die Experimente Nr. 2—4, welche in 10—15proz. Laktoselösung in Gegenwart von Desinficientia durchgeführt worden sind, zeigten uns eine abgespaltene Kohlendioxydmenge von 0,0908—0,9061 mg. Auch in diesen Fällen waren keine Bakterien vorhanden.

Man ersieht überhaupt aus unseren Versuchen, dafs bei Verwendung von verdünnten Laktoselösungen ohne Desinfiziens die vollständige Ausschliefsung der Mitarbeit der Bakterien während des Verlaufes der Gärung nicht möglich ist.

Die Versuche in der Tabelle II, welche in 40proz. Laktoselösung bei Vorhandensein von 0,4—0,6% Thymol oder 1% Toluol durchgeführt wurden, sind bei voller Abwesenheit von Bakterien vor sich gegangen. Wir können daher die Gesamtmenge des Kohlendioxyds, welches entweder in Gasform oder in der Lösung sichergestellt wurde, als eine solche ansprechen, welche bei der, ausschliefslich durch die Wirkung der gärungserregenden Enzyme hervorgerufenen Gärung entstanden ist.

Digitized by Google

In der Tabelle III, welche uns den Gärungsprozefs in 50proz. Laktoselösung veranschaulicht, sind die Versuche bei Gegenwart von Thymol durchgeführt worden. Sie zeigen eine Kohlendioxydmenge von 0,6253 g bis 0,7328 g, die innerhalb 120 Stunden abgespalten wurde, was sicherlich als eine ansehnliche Leistung bezeichnet werden kann. Im 16. Versuche der Tabelle III a wurden Bakterien nachgewiesen.

Wir haben weiter neben der Kohlendioxydbildung auch diejenige von Milchsäure und Alkohol beobachtet.

Die Milchsäure wurde in der Tabelle I beim Versuche 2 in einem Quantum von 0,19 g nachgewiesen. Dasselbe Quantum und zwar 0,137—0,16 g wurde in der Tabelle II bei den Versuchen 12 und 13 ebenfalls konstatiert.

Im jeweiligen Kontrollkolben (»blinden« Kolben), welcher genau so wie der Originalkolben sterilisiert und beschickt wurde, ist ebenfalls die Milchsäure bestimmt worden; die gefundene Menge, sobald sie 0,01 g überstieg, brachten wir von dem gebildeten Quantum Milchsäure des Originalkolbens in Abzug.

Was die Alkoholmenge anbelangt, so fanden wir in verdünnter Lösung in der Tabelle I über 0,3 g; bei konzentrierter Lösung wurden 0,093—0,099 g konstatiert. In den Kontrollversuchen wurden höchstens 0,01—0,02 g Alkohol nachgewiesen. Die im Kontrollkolben gefundene Menge an Alkohol, welcher nach der Methode von Verley & Bölsing bestimmt wurde, brachten wir ebenfalls stets von der Alkoholmenge, die im Originalversuche festgestellt worden ist, in Abzug.

Wir haben auch in drei Versuchen den Verlust an vergorener Laktose bestimmt und zwar, wie aus der Tabelle II ersichtlich ist, entsprach dieser Verlust tatsächlich fast der Menge der gebildeten Quantitäten Kohlendioxyd, Alkohol und Milchsäure zusammen.

Wenn man die drei gefundenen Spaltungsprodukte addiert und mit dem Verluste der vergorenen Laktose vergleicht, so merkt man zwar eine ganz kleine Differenz, welche dem gebildeten Quantum von Essigsäure (aus Alkohol?) entspricht.

Wir haben uns auch von der Bildung der Essigsäure durch ein separat ausgeführtes Experiment überzeugt und zwar haben wir



Digitized by Google

ein gröfseres Quantum des Alkohol-Atherniederschlages, welche das Rohenzym enthielt, in 40proz. Laktoselösung vergoren und in den flüchtigen Säuren die Essigsäure bestimmt.

Die Versuche wurden in der Weise arrangiert, dafs 100 g des Alkohol-Äther-Niederschlages in 500 ccm 40proz. Laktoselösung zur Verwendung kamen.

Als Antiseptikum wurde 1 % Toluol verwendet. Die Dauer der Gärung betrug drei Tage. Die Gärung wurde in zwei Kolben beobachtet. In einem dritten Kolben, welcher vollständig sterilisiert war, wurden ebenfalls die flüchtigen Säuren und die Essigsäure bestimmt. Die Essigsäure wurde jedoch nicht konstatiert.

Der Inhalt des Kolbens nach der Gärung wurde vom Niederschlage (Kasein) abfiltriert und auf dem Filter durchgewaschen. Das Filtrat wurde mit Schwefelsäure angesäuert und mit Dampf abgetrieben. Hierauf wurde das Destillat mit Normallauge titriert und dann auf einen kleinen Rest abgedampft. Hierauf wurden die flüchtigen Säuren als Silbersalz gefällt, die Flüssigkeit bis zum Kochen erwärmt und soviel Wasser hinzugefügt, bis die Silbersalze sich während des Kochens lösten. Die Lösung wurde von der geringen Menge ausgeschiedenen Silbers abfiltriert und auskühlen gelassen. Durch das Abkühlen kristallisierten die Silbersalze der flüchtigen Säuren heraus, welche um so unlöslicher sind, je gröfser ihr Molekulargewicht ist. Das ausgeschiedene Salz wurde auf dem Filter gesammelt, mit Wasser etwas durchgewaschen, getrocknet und gewogen, hierauf verbrannt, das Silber ausgeglüht und gewogen.

| | I. Kolben | II. Kolben |
|---|---|---|
| Menge des Silberazetats | 0,2407 g | 0,1733 g |
| welches enthielt Ag — | 0,1517 oder 64,64 % | 0,1066 oder 61,51 %. |

Das Silberazetatsalz erforderte 64,7 % Ag. Es waren daher jene Silbersalze ein wenig mit buttersaurem Silber verunreinigt. Diese Silbersalze enthielten an Essigsäure: 0,0850 g im ersten (I.), 0,0612 g im zweiten (II.) Kolben.

Dafs Buttersäure vorhanden war, ist daraus zu entnehmen, dafs die Lösungen beim Kochen einen Buttersäuregeruch ver-

Digitized by Google

rieten, wie übrigens auch die geringere Menge von Ag im Azetat beim zweiten Versuch andeutete. Die Ausscheidung von Ag beim Kochen der Destillate mit Silbernitratlösung deutet darauf hin, dafs auch Ameisensäure vorhanden war.

Überblickt man die Resultate der vorliegenden Arbeit, so kann man sich der Überzeugung nicht verschliefsen, dafs in der Milch gärungserregende Enzyme vorhanden sind, und es uns tatsächlich gelungen ist, dieselben durch Alkohol und Äther herauszufällen, so zwar, dafs sie mit dem niedergerissenen Kasein zur Ausscheidung gelangen.

Wir haben in der vorliegenden Arbeit uns bestrebt, nachzuweisen, dafs wir es faktisch mit Enzymen zu tun haben, und dafs eine durch Bakterien verursachte Gärung bei Anwendung genügender Mengen von Desinfizientien verhindert wird. Dabei ist allerdings richtig, dafs die Anwendung von Desinfizientien die Enzymwirkung ungemein schwächt.

Die gärungserregenden Enzyme zersetzen die Laktose in Kohlendioxyd, Alkohol, Milchsäure und geringe Mengen von Essigsäure[1]) und Buttersäure.[2])

In einem nächsten Artikel werden wir Gelegenheit haben, den Charakter der gärungserregenden Enzyme aus Frauenmilch kennen zu lernen.

---

1) Die Essigsäure ist wahrscheinlich durch Oxydation von Alkohol entstanden.

---

Digitized by Google

# Literatur.

1. Arnold, Zeitschrift f. analytische Chemie, 21, S. 285.
2. Babcock, Agr. Esper. Stat. Universaly of Wisconsin, 1899.
3. Backhaus und Appel, Über aseptische Milchgewinnung. (Molkerei-Zeitung, 1898, Heft 4.)
4. Barthel, Recherches sur les microorganismes de l'air des étables, du lait au moment de la traite et de la mamelle. (Revue générale du Lait. T. I, p. 505.)
5. Burri, Die Bakterienflora der frisch gemolkenen Milch gesunder Kühe. (Schweiz. landwirtsch. Centralbl., Jahrg. XXI, Heft 11 u. 12.)
6. Duclaux, Principes de laiterie, p. 53.
7. Derselbe, Mikrobiologie, Paris 1901.
8. v. Freudenreich, Bakteriologie in der Milchwirtschaft, 1898.
9. Derselbe, Über das Vorkommen von Bakterien im Kuheuter. (Landwirtschaftl. Jahrb. d. Schweiz, 1903, Heft 3.)
10. Derselbe, Milchsäurefermente und Käsereifung. (Ibid., 1902, Heft 2.)
11. Derselbe und Thöni, Über die in der normalen Milch vorkommenden Bakterien und ihre Beziehungen zum Käsereifungsprozesse. (Centralbl. f. Bakteriol., Abt. II, Bd. X, 1903, Nr. 10.)
12. Lux, Über den Gehalt der frisch gemolkenen Milch an Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh, Bd. XI, Nr. 8/9.
13. Oppenheimer, Die Fermente und ihre Wirkung. Leipzig, 1903.
14. Raudnitz, Zeitschr. f. Biologie, 1901, S. 91.
15. Russel, Anorgan. ferments of milk, Wisconsin, 1897.
16. Sacharbekoff, Zur Bakteriologie der Petersburger Milch. (Inaugural-Dissert., Petersburg, 1895.)
17. Storch, Ber. d. königl. Vet.-Inst. Kopenhagen, 1898.
18. Uhl, Untersuchungen der Marktmilch in Giefsen. (Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XII, S. 475.)
19. Ward, Die Invasion des Euters durch Bakterien. (Veröffentl. im Bull. 178, Cornell-Univ. Agricult. Exp. Stat.)
20. Wender, Österr. Chemiker-Zeitung, Jahrg. VI, Nr. 1. »Die Enzyme der Milch«.
21. W. Knoepfelmacher, Kuhmilch als Säuglingsnahrung. (Wiener med. Wochenschr., Nr. 42, 1903.)

Digitized by Google

# Einige Versuche über den Übergang von Riech- und Farbstoffen in die Milch.

Von

Dr. **Dombrowsky**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg. Direktor: Prof. Dr. K. B. Lehmann.)

## I. Einleitung.

Die Frage des Übergangs von verschiedenen Substanzen in die Milch, auf welchem Wege dieser Übergang auch geschehen mag, ist in theoretischer sowohl, wie auch praktischer Beziehung von erheblichem Interesse, da die Milch ein weit verbreitetes Nahrungsmittel ist. Es ist bekannt, dafs verschiedene medikamentöse und stark wirkende, ja sogar giftige Substanzen in die Milch übergehen können, wenn sie vom Tiere mit dem Futter aufgenommen werden. Von den stark wirkenden und giftigen Substanzen, wie Arsen, Blei, Kupfer, Antimon, Quecksilber, Jod, Aloe, können jedoch nur kleine Mengen, meist nur Spuren[1]) in die Milch übergehen. Prof. Lehmann[2]) äufsert sich in dieser Richtung auf Grund der Literatur und seiner eigenen Beobachtungen folgendermafsen: »Vergiftungen auf diesem Wege sind mir nicht bekannt. Es sind Fälle berichtet, in denen die Milch von Tieren, die giftige Pflanzen gefressen hatten, auf Menschen schädlich eingewirkt hatte. Jedoch sind auch diese Fälle selten.

1) Prof. Dr. K. B. Lehmann, Methoden der prakt. Hygiene, S. 378.
2) a. a. O., S. 378.

Digitized by Google

Ferner beanspruchen selbst unschädliche, aber allerorts vorkommende und unseren Haustieren leicht zugängliche Substanzen, die der Milch gewisse fremdartige Eigentümlichkeiten verleihen, unser Interesse.«

Prof. Lehmann[1]) sagt: »Jede Milch, deren Farbe sich von der normalen wesentlich entfernt, ist als ekelhaft und gelegentlich gesundheitsschädlich zu verwerfen.« — Ferner sagt derselbe Autor: »Jede Milch von abnormem Geschmack und Geruch ist mindestens minderwertig, meist aber ekelhaft, zuweilen sogar gesundheitsschädlich.« Hinsichtlich der Färbung der Milch durch Futterpflanzen sagt Prof. Lehmann[2]), dafs neue Versuche hierüber durchaus erwünscht wären. Von diesem Standpunkte ausgehend, habe ich einige Versuche angestellt, über deren Resultate ich an dieser Stelle kurz berichten möchte. Untersuchungen über den Übergang von Riech- und Farbstoffen in die Milch sind nicht zahlreich. Die ersten Mitteilungen finden wir in der Arbeit von Bregnius[3]) im Jahre 1699, welcher das Gelbwerden der Milch nach dem Genusse von Rhabarber beschrieb. Schauerstein und Späth[4]) fanden einige Stunden nach Einnahme von $^1/_2$ Drachme Rhabarber charakteristische rote Färbung der Milch. Fuchs[5]) bestätigt den Übergang des Farbstoffes in die Milch nach der Einnahme von Rhabarber.

Blaue Milch beobachtete Prof. Mosler[6]) bei einem Bauer in der Nähe von Greiswald. Mosler sagt: »Von dem Bauer wurde auch besonders hervorgehoben, dafs die oben genannte Veränderung der Milch erst nach 3—6 Tagen auftrete, dafs er im Winter in seinem Keller noch niemals blaue Milch habe entstehen sehen, sondern immer nur im Sommer, wenn die Kühe mit grünem Futter gefüttert wurden, und zwar sei es ihm häufiger im nassen als im trockenen Sommer vorgekommen. Nach

1) a. a. O., S. 377.

2) a. a. O., S. 377.

3) Bregnius, Dissertat. Medic. de Galactose seu secretione lactis, 1699.

4) Schauerstein und Späth, Virchows Archiv, 43. Bd., S. 162.

5) Fuchs, Mag. für die ges. Tierheilkunde, 1841, S. 176.

6) Mosler, Virchows Archiv, 43. Bd., 2. H. Über blaue Milch und durch deren Genufs herbeigeführte Erkrankungen beim Menschen.

Digitized by Google

seiner Ansicht habe das nasse Futter ganz besonders schuld daran.« Prof. Mosler legt keinen Wert auf die Erklärungen des Bauers und nimmt als Ursache des Blauwerdens der Milch »ein dunkles Leiden des chylopoietischen Systems« an. Viel wahrscheinlicher ist heute, dafs es sich um ein Blauwerden der Milch durch Bacterium syncyaneum handelt. Flourens[1]) hat in einer Serie von Versuchen an Schweinen, Kaninchen und Ratten die Möglichkeit des Überganges von Farbstoff mit der Milch der Mutter, welche mit Färberröte (Rubia tinctoria) — garance — gefüttert wurde, in die Knochen (Rotwerden der Knochen) der Säuglinge bewiesen. Ob die Milch der Mutter beim Füttern mit Krapp rötlich wird, erwähnt Flourens nicht.

Millon et Comaille[2]) besprechen den Übergang von Riechstoffen in die Milch; sie versuchten ohne Erfolg, den Riechstoff, den sie näher nicht bezeichnen, aus der Milch mit $CS_2$ zu extrahieren. Ferner besprechen Parmentier et Deyeux[3]) den Übergang riechender und schmeckender Stoffe in die Milch nach dem Genusse von Knoblauch. Glage[4]) sagt: »Eine abweichende gelbe bis rote Farbe erhält die Milch, wenn die Kühe Karotten, Krokus, Labkraut, Rhabarber, Waid verzehren, bläulich wird sie, wenn die Tiere Schachtelhalme, Vogelknöterich, Wachtelweizen fressen. Einen abnormen Geruch bekommt die Milch nach der Verfütterung von Knoblauch.« Aufser den hier erwähnten Abhandlungen habe ich, aber ohne Erfolg, noch folgende Zeitschriften durchgenommen: Archiv für Hygiene (Bd. I—XLVII), Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten (Bd. I—XLV), Hygienische Rundschau (1894—1902), Revue d'hygiène (1893 bis 1902), Annales d'hygiène publique (1863—1902), Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel, sowie Bibliographia lactaria (Bibliographie générale des travaux parus sur

1) Flourens, Note sur la coloration des os d'animaux nouveau-nés par la simple lactation de mères à la nourriture desquelles a été mêlée de la garance. Compt. rend., 1862, T. 54, p. 65 et suiv.

2) Millon et Comaille, Analyse du lait. Compt. rend., 1864, p. 399.

3) Parmentier et Deyeux, Précis d'expériences et observations sur les différentes espèces de lait, 1800.

4) Glage, Die schädliche Wirkung der Krankheiten der Milchkühe, S. 85.

Digitized by Google

le lait et sur l'allaitement jusqu'en 1899 par le Dr. Henri de Rotschild avec une préface de M. E. Duclaux, 1901).

Sehr gute Dienste hat mir dagegen die anläfslich der Milchausstellung in Hamburg (1903) im Auftrage der wissenschaftlichen Abteilung herausgegebene Schrift: »Die Milch und ihre Bedeutung für Volkswirtschaft und Volksgesundheit« geleistet, in der sich alle Literatur angegeben findet, die ich überhaupt entdecken konnte.

## II. Eigene Fütterungsversuche.

Meine Beobachtungen habe ich an einer Ziege angestellt, der abwechselnd verschiedene frische Pflanzen[1]) in gröfseren Mengen als Futter gereicht wurden: Isatis tinctoria (Färberwaid), Galium Mollugo (gemeines Labkraut), Echium vulgare (Natterkopf), Melampyrum (Wachtelweizen), gelbe Rüben. Weiter erhielt das Tier zeitweise unvermischt: Semina anisi, Semina foeniculi, Knoblauch, und — in Mischung mit Futter (Kleie, Hafer) — einigemal Alizarin, den eigentlichen Farbstoff der Krappwurzel (Rubia tinctorum). In allen diesen Fällen hat das Versuchstier das dargereichte Futter gefressen. Mit besonderem Appetit, ja sogar begierig, frafs die Ziege Semina anisi und ganz besonders Knoblauch.

Die Ziege wurde morgens und abends von geübter Hand gemolken, und die Milch sowohl auf Farbe, Geschmack, Geruch, wie auch mittels entsprechenden Reagentien untersucht, wobei ich auch stets ganz unbefangene Personen um ihr Urteil bat. Bevor ich zur Besprechung der Resultate übergehe, möchte ich mit einigen Worten auf die von mir verwendeten Methoden der Milchuntersuchung eingehen. Ich beginne mit dem Versuche mit gelben Rüben. Nachdem die Ziege einen Tag lang mit gelben Rüben gefüttert und am nächsten Tage in der Tat gelbliche Milch ausgemolken wurde, wurden zu 20 g ausgeglühten Sandes 20 g Milch zugesetzt,

1) Versuche, das Tier zur Aufnahme von Mercurialis perennis zu bewegen, scheiterten. Die Pflanze, welche eine Substanz enthält, aus der beim Trocknen ein blaues Pigment entsteht (K. B. Lehmann, Archiv f. Hyg. VI), wurde absolut verschmäht.

Digitized by Google

alles auf einem Wasserbade verdampft, in einem Porzellanmörser zerrieben und in einer Hülse in den Soxhletschen Apparat gebracht. Die Extraktion mit Äther dauerte 12 Stunden, worauf der Ätherextrakt in eine Porzellanschale abgegossen und der Äther abgedampft wurde. Zu dem auf dem Boden der Porzellanschale befindlichen Trockenrest wurden mittels Glasstäbchens 2 bis 3 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure zugesetzt. Bei Zusatz von Schwefelsäure erhielt man eine helle, gelbrote Färbung in beiden Portionen des Trockenrestes (alle Versuche wurden nämlich doppelt ausgeführt); nach 24 stündigem Stehen im Schrank ging die gelbrote Farbe in eine violette, nach weiteren 24 Stunden in eine schmutzig-violette und schliefslich in eine schwarze über. Um diesen Farbstoff, welcher nicht die erwartete Carotinreaktion (blaugrün mit konzentrierter Schwefelsäure) gegeben hatte, näher zu erforschen, wurde eine starke Gelbrübenfütterung und die soeben geschilderte Untersuchung nach 14 Tagen noch zweimal wiederholt, wobei einmal der Trockenrest aus ½ Liter Milch extrahiert wurde, ohne dafs ich jedoch eine deutliche Carotinreaktion oder auch nur die oben geschilderten Reaktionen erhalten hätte. Ob vielleicht die zu untersuchende Milch in den nachfolgenden Fällen weniger Farbstoff enthielt, und zwar infolge der Erntezeit der Mohrrüben, der Sorte der letzteren oder infolge anderer Ursachen, vermag ich nicht zu beurteilen. Bei Fütterung der Ziege mit Alizarin $C_{14}H_6(OH)_2O_2$ (aus der Pflanze Rubia tinctorum), welches die Eigenschaften einer schwachen Säure besitzt und mit den Basen gefärbte Verbindungen erzeugt, wurden zu der Milch Ammoniaklösung, kohlensaures Natron und Natronlauge hinzugesetzt, wobei sich die Milch schwach rosa färbte. Vor der Fütterung mit Alizarin gab die Milch eine solche Färbung nicht. Das Alizarin ist auch in den Harn übergegangen. Bei Fütterung mit Ac. chrysophanicum med. ($C_{15}H_{10}O_4$) bewirkte der Zusatz von 40 proz. Natronlaugelösung zu der Milch eine bräunliche Verfärbung der letzteren.

Für die übrigen Substanzen brauchte ich keine besonderen Nachweismethoden, die Sinne mufsten ausreichen. Die Resultate, welche nach der Fütterung der Ziege mit den oben bezeichneten

Digitized by Google

Substanzen erzielt worden sind, sind aus der Tabelle I auf S. 189 zu ersehen. An den Tagen, die in der Tabelle nicht verzeichnet sind, hatte die Ziege gewöhnliches Futter bekommen: Heu, Gras, Kleie etc.

Aus den vorstehenden Ausführungen sowohl, wie auch aus den in der vorstehenden Tabelle verzeichneten Ermittelungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Versuchsziege hat begierig Semina anisi und foeniculi, und noch begieriger Knoblauch gefressen, dabei ging der Geruch dieser Substanzen in die Milch über.
2. Bei Fütterung mit Knoblauch bekam die Milch den betreffenden Geruch, der an den Geruch von $PH_3$ erinnerte, und zugleich einen ekelhaften Geschmack, der selbst nach Kochen und Abkühlung der Milch über 15 Stunden lang erhalten blieb. Die Milch wurde dann fortgegossen. Von 6 Menschen, die die Milch gerochen, und von 5 Menschen, die die Milch gekostet hatten, bekam der eine eine so starke Übelkeit, dafs sich Brechbewegungen einstellten. Der Geruch nach Fenchel und Anis war nicht unangenehm, von mäfsiger Stärke und verschwand durch das Kochen der Milch.
3. Eine Veränderung ihrer Farbe hat die Milch der Versuchsziege nur bei Fütterung der letzteren mit gelben Rüben und Ac. chrysophanicum med. gezeigt. Die Farbenveränderungen waren jedoch auch in diesem Falle nicht deutlich, sondern sehr schwach, minimal ausgesprochen. Alizarin färbte die Milch nicht direkt, sondern erst auf Alkalizusatz. In Summa scheint die praktische Gefahr, dafs die Milch eine auffällige Färbung durch Futterstoffe annimmt, nicht grofs, wenn man bedenkt, welche Mengen das Tier erhielt. Viel leichter treten kleine Geruchsveränderungen ein.

Digitized by Google

Tabelle I.

| Monat und Tag | Fütterung | Gewicht d. eingenomm. Futters in g | Man glaubte zu bekommen | Man hat bekommen | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 2. VI. | Mercurial. perennis. (Blätter) | — | blaue Milch | negativ | frifst nicht. |
| 3. » | Isatis tinctoria | 3000 | » | » | frifst Schoten und Blätter gerne, Blüten ungern. |
| 4. » | » | 3000 | » | » | — |
| 5. » | » | 3000 | » | » | — |
| 7. » | » | 6000 | » | » | — |
| 8. » | » | 7000 | » | » | — |
| 9. » | » | 8000 | » | » | — |
| 13. » | Gallium Mollugo[1]) | 4000 | gelbe Milch | » | — |
| 14. » | » | 5000 | » | » | — |
| 15. » | » | 8000 | » | » | — |
| 18. » | Semina anisi. | 250 | Übergang des betreffenden Geruchs in die Milch | positiv | Die Milch scheint etwas süfser als sonst. |
| 19. » | Gras | — | — | — | — |
| 20. » | Sem. foeniculi | 200 | Übergang des betreffenden Geruchs in die Milch | positiv | Die Milch zeigt gewöhnlichen Geschmack. |
| 25. » | Alizarin ($C_{14}H_8O_4$) | 0,5 | rötl. Milch | negativ | — |
| 26. » | » | 2,0 | » | » | — |
| 30. » | » | 7,0 | » | positiv | Bei Zusatz von $NH_3$ oder Na HO oder $Na_2Co_3$ deutl. Rosafärbung. Übergang auch in den Harn. |
| 2. VII. | Gelbe Rüben | 2000 | gelbe Milch | negativ | — |
| 3. » | » | 4500 | » | abends gelblich. Milch. Im Vergleich zu der morgendlichen deutl Färbung | Bei der Extraktion mit Äther, wie oben geschildert, wurde ein Farbstoff gewonnen. |
| 6. » | Echium vulgare (Natterkopf) | 3500 | blaue Milch | negativ | — |
| 7. » | » | 4500 | » | » | — |
| 9. » | Melampyrum arvense (Wachtel-Weizen) | 1000 | » | » | — |
| 14. » | Gelbe Rüben | 4000 | gelbe Milch | zweifelh. gelbl. | — |
| 15. » | » | 4500 | » | » | — |
| 16. » | » | 5000 | » | deutl. gelblich | — |
| 17. » | » | 5000 | » | » | — |
| 27. » | Ac. chrysophanic. med. | 0,5 | » | gelbl. Milch | Fäces nicht wie gewöhnlich, sondern breiig. |
| 28. » | » | 1,5 | » | » | — |
| 3. VIII. | Knoblauch | 40 | Übergang des betreffenden Geruchs und Geschmacks | positiv | Geruch nach $PH_3$, Geschmack ekelhaft. Geruch und Geschmack waren auch nach 15 Stdn. erhalten. |

1) Es hätte wohl besser Galium verum gewählt werden müssen.

Digitized by Google

## III. Geruchsveränderungen der Milch beim Stehen in stark riechenden Räumen.

In zweiter Linie sind Experimente angestellt worden, um zu ergründen, wie rasch die Milch den Geruch des Raumes, in dem sie steht, aufnimmt, und wie lange sie diesen Geruch behält. Diese Frage ist sowohl bei der Stalldesinfektion als auch in anderen Fällen, in denen der Milch von den mit den Tieren in Berührung kommenden Personen verschiedene Gerüche (Jodoform, oleum anisi, Parfüm) beigebracht werden konnten, von Interesse. Die bezüglichen Versuche wurden folgendermafsen ausgeführt: unter grofse Glasglocken wurden zwei Portionen Milch zu je 100 ccm in Bechergläsern gebracht, worauf unter die Glasglocken neben der Milch in kleineren Bechergläsern oder Porzellanschalen folgende (hauptsächlich desinfizierende) Substanzen aufgestellt wurden: Acidum carbolicum crudum (15,0), Formalin (15,0), Oleum terebinthini (15,0), Chlorkalk (15,0), Oleum anisi (8,0), Jodoform (4,0). Die eine Milchportion wurde nach halbstündigem Stehen aus dem improvisierten, stark riechenden Raum herausgenommen, auf ihren Geruch unteruch, dann gekocht und nach einer halben Stunde wiederum untersucht; die zweite Milchportion wurde in gleicher Weise, aber erst nach 10stündigem Stehen unter der Glasglocke untersucht.

Die erzielten Resultate sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Tabelle II.

| | Nach 1/2 stündigem Stehen in starkriechendem Raum | | | Nach 1/2 stündigem Stehen in starkriechendem Raum | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kalte Milch | unmittelbar nach dem Abkochen | 1/2 Stunde nach dem Abkochen | kalte Milch | unmittelbar nach dem Abkochen | 1/2 Stunde nach dem Abkochen |
| Ac. carbolicum crud. . . . | +++ | ++ | — | +++ | ++ | — |
| Ol. terebinthini | + | — | — | ++ | — | — |
| Formalin . . | + | — | — | ++ | — | — |
| Chlorkalk . . | — | — | — | + | — | — |
| Ol. anisi . . . | ++ | + | + | +++ | +++ | ++ |
| Jodoformium . | +++ | ++ | — | +++ | +++ | + |

— = negativ; + = kaum bemerkbar; ++ = deutlich riechend; +++ = stark riechend.

Digitized by Google

Aus den Aufzeichnungen der vorstehenden Tabelle ist zu ersehen:

1. dafs die Milch den Geruch von Jodoform und von Oleum anisi rasch aufnimmt und lang (12 Stunden lang) behält;
2. dafs die Milch den Geruch von Karbolsäure rasch aufnimmt, aber auch rasch verliert;
3. dafs die Milch den Geruch von Oleum terebinthini und von Formalin rasch aufnimmt, aber leicht verliert;
4. in unserem Falle hat die Milch den Geruch von dem nebenstehenden Chlorkalk besonders schwach angenommen.

Zum Schlufs sei es mir gestattet, auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die Anregung zu dieser Arbeit, wie auch für die wohlwollenden Ratschläge und die Anleitung, welche er mir während der ganzen Zeit meines Arbeitens im Hygienischen Institut zu Würzburg hat zuteil werden lassen, meinen ebenso aufrichtigen wie ergebensten Dank zu sagen.

Digitized by Google

# Über die Absorption verdünnter Kupferlösungen im Erdboden.

Von

Prof. Dr. **Ch. Yokote** aus Tokio.

(Aus dem hygienischen Institut in Leipzig.)

Eine eigentümliche und selten vorkommende Flufsverunreinigung zeigt der im mittleren Japan gelegene Flufs Watarase. Derselbe nimmt sämtliche Abwässer des gröfsten Kupferbergwerks von Ashio auf.

Die schädlichen Einwirkungen, welche die Gewinnung des Kupfers daselbst hervorrufen, machen sich dadurch geltend, dafs die früher sehr fruchtbare Gegend weithin keine oder nur geringe Ernten liefert, sowie, dafs im Flufs selbst keine Fische mehr leben können, und dafs auch die dem Flusse benachbarten Feldgebiete auf weite Strecken hin stark veröden.

Die schädlichen Wirkungen des Kupferwerkes lassen sich nach zwei Richtungen hin scheiden. Einmal entstehen durch das Rösten der Kupfererze grofse Mengen schwefliger Säure, welche in die Luft entweichen und die bekannten Rauchschäden und Zerstörung der Vegetation herbeiführen. Anderseits enthält das Wasser des Flusses Watarase die sämtlichen Grubenwässer und Abwässer des Kupferwerkes und hieraus erklärt sich auch, dafs in das Flufswasser gelöste Kupfersalze eintreten.

Nach Untersuchungen der Verwaltung des Kupferwerkes enthält das Wasser des Flusses Watarase in einem Liter 0,28 bis 0,41 mg Kupfer (Cu).



Digitized by Google

Der landwirtschaftliche Betrieb des Reisbaues bedingt, dafs die Felder während der Vegetationsperiode reichlich bewässert werden müssen. Soweit nur möglich wird zu diesem Bewässern Flufswasser verwendet. Hieraus folgt, dafs Jahr für Jahr reichliche Mengen von Kupfer mit dem Wasser des Watarase auf die Felder und in den Boden gebracht werden.

Auf diese Weise ist es möglich, dafs nicht nur die hier gewonnenen Pflanzenfrüchte einen hohen Kupfergehalt annehmen, sondern, dafs auch das Kupfer, vom Boden absorbiert, die Entwicklung und das Gedeihen der Pflanzen erheblich schädigt und steigende Mifsernten, sowie völlige Unfruchtbarkeit bedingt.

Es erschien mir deshalb von Wichtigkeit, festzustellen,

1. in welchem Umfang hat der Erdboden die Eigenschaft, gelöste Kupfersalze aufzunehmen und festzuhalten;
2. kann kupferhaltiges Flufs- oder Abwasser so tief in den Boden eindringen, dafs das Grundwasser einer Gegend durch Kupfer verunreinigt und verdorben wird?

   Diese letztere Frage schien mir deshalb von Bedeutung, weil in der Nähe des Flusses Watarase Brunnenanlagen sich befinden, in welche Flufswasser durch seitliches Einströmen Zutritt findet.
3. Ist zu erwarten, dafs der künstliche Kupfergehalt eines Bodens nach Aufhören der Ursache rasch wieder verschwindet und in den vollen Reinigungszustand übergeht?

Um die Absorptionskraft des Erdbodens für gelöste Kupfersalze festzustellen, wurden zwei verschiedene Bodenproben im lufttrocknen Zustande gewählt und abgewogene Mengen mit einer genau gemessenen Kupferlösung während einer Stunde durch Schütteln in Berührung gebracht.

Die Kupferlösung wurde durch Auflösen von 0,0396 g reinem schwefelsaurem Kupferoxyd in 1 l destillierten Wassers hergestellt, so dafs 1 l Lösung 10 mg Kupfer enthielt.

Zu jedem Versuche wurden 25 g lufttrockner Erdboden und 100 ccm Kupferlösung verwendet. Im Filtrat wurde die etwa noch vorhandene Kupfermenge kolorimetrisch mittels Ferrozyankaliums bestimmt. Hierzu dienten Glaszylinder aus ganz

Digitized by Google

hellem weifsen Glase, welche bei 30 cm Höhe 100 ccm Vergleichslösung aufnahmen. Anf diese Weise konnten die kleinsten Mengen Kupfers kolorimetrisch bestimmt und Mengen von 0,001 mg Kupfer genau festgestellt werden.

Die eine Bodenprobe bestand aus einem eisenhaltigen Diluvialsand des Leipziger Untergrundes, während die andere Bodensorte Flufssand war.

Beide Bodensorten wurden in verschiedener Korngröfse und zwar:

a) von kleinerem Korn als 0,25 mm
b) von 0,25 bis 0,8 mm und
c) von 0,8 bis 2,0 mm

verwendet.

Es ergab sich, dafs in allen sechs Versuchen das gesamte Kupfer vom Boden festgehalten wurde; 1 kg Boden hatte somit 40 mg Kupfer absorbiert.

Bei dem zweiten Versuche sollte festgestellt werden, ob die gleiche vollkommene Absorptionskraft des Bodens erreicht wird, wenn eine konzentriertere Kupferlösung zur Anwendung kommt.

Es wurde deshalb statt einer Lösung mit 10 mg Kupfer im Liter eine Lösung verwendet, welche 100 mg Kupfer in 1 l Wasser enthielt.

Auch bei diesem Versuche wurden die gleichen Bodenarten wie vorher in den drei verschiedenen Korngröfsen verwendet, und zeigte sich, dafs die Absorptionskraft des Bodens für Kupfersalze eine sehr energische ist.

Von 1 kg Erdboden wurden in diesem Versuche 175 bis 200 mg Kupfer aufgenommen, wobei der feinkörnige Boden bzw. Flufssand eine etwas stärkere Absorptionskraft zeigte als der grobkörnige.

Boden mit einer Korngröfse bis 0,25 mm absorbierte im Mittel von vier Versuchen 194 mg Kupfer, während Boden von 0,8 bis 2,0 mm Korngröfse im Mittel 174,4 mg Kupferoxyd pro 1 kg Erde aufnahm.

In dem nachstehenden Versuche sollte festgestellt werden, wie die Absorptionskraft des Bodens für Kupfer abnimmt und wann die volle Sättigung des Erdreichs mit Kupfer eingetreten ist.



Digitized by Google

Zu diesem Zwecke wurde von den beiden Bodenproben, Leipziger Sand und Flufssand, eine Menge von 25 g lufttrockner Substanz abgewogen und mit je 100 ccm Wasser, welches 10 mg Kupfer gelöst enthielt, übergossen.

Nach 24 stündiger Berührung mit dem Erdboden wurde die Flüssigkeit abgegossen und im Filtrat die noch gelöste Kupfermenge bestimmt und zu derselben Bodenprobe neuerdings wieder 100 ccm Wasser, welches 10 mg Kupfer enthielt, zugefügt.

Die nachstehende Tabelle enthält die von 25 g Boden absorbierten Kupfermengen.

Tabelle I.

| Untersuchungs-Nr. | 25 g Bodensand | 25 g Flufssand | Untersuchungs-Nr. | 25 g Bodensand | 25 g Flufssand |
|---|---|---|---|---|---|
| | Menge des vom Sand gebundenen Kupfers | | | Menge des vom Sand gebundenen Kupfers | |
| | mg | mg | | mg | mg |
| 1 | 9,20 | 0,40 | 21 | 0,50 | 1,00 |
| 2 | 8,00 | 6,90 | 22 | 1,50 | 1,00 |
| 3 | 6,50 | 5,90 | 23 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 4,80 | 4,50 | 24 | 1,00 | 1,50 |
| 5 | 4,50 | 3,00 | 25 | 0,50 | 1,50 |
| 6 | 3,50 | 2.00 | 26 | 1,00 | 1,50 |
| 7 | 2,50 | 1,00 | 27 | 0,50 | 0,50 |
| 8 | 2,00 | 2,00 | 28 | 0,00 | 1,50 |
| 9 | 1,00 | 1,00 | 29 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 0,50 | 1,00 | 30 | 0,00 | 1,00 |
| 11 | 1,00 | 0,50 | 31 | 1,00 | 0,50 |
| 12 | 0,50 | 0,50 | 32 | 1,00 | 1,50 |
| 13 | 0,25 | 0,25 | 33 | 0,50 | 0,50 |
| 14 | 0,50 | 0,00 | 34 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | 0,50 | 1,00 | 35 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 2,50 | 1,00 | 36 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | 0,50 | 0,50 | 37 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 0,50 | 0,00 | 38 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | 1,00 | 0,00 | | | |
| 20 | 0,50 | 1,00 | | 58,75 | 54,35 |

Die Tabelle lehrt, dafs die Absorptionskraft des Erdbodens gegenüber löslichen Kupfersalzen eine sehr beträchtliche ist. Berechnet auf 1 kg Erdboden zeigt sich, dafs der Bodensand

Digitized by Google

2,350 g Kupfer und der Flufssand 2,174 g Kupfer festhielt und unlöslich machte. Die Absorption des Kupfers ist in der ersten Zeit eine erhebliche, nimmt im Laufe der Tage allmählich ab, bis schliefslich der Boden gesättigt ist und die Kupferlösung ebenso konzentriert abfliefst wie sie zugesetzt wurde.

Berücksichtigt man, dafs 1 cbm Leipziger Sand im Mittel 1560 kg schwer ist, so ergibt sich, dafs pro qm Bodenfläche und 1 m Tiefe eine Kupfermenge von 3391 bis 3666 g unlöslich gefunden werden kann.

Die Ursache der Absorption des gelösten Kupfers im Erdboden wird voraussichtlich darauf beruhen, dafs im Erdboden Verbindungen, wie insbesondere Kalk- und Magnesiasalze vorkommen, durch welche die lösliche Kupferoxydverbindung zersetzt und unlösliches Kupferoxyd ausgeschieden wird.

Es ist klar, dafs die stärkste Ausfällung des Kupferoxyds eintreten wird bei Anwesenheit von kohlensauren Erden.

Erdboden, welcher nur geringe Mengen von kohlensauren Erdalkalien enthält, wird demnach imstande sein, relativ bedeutende Mengen von Kupfer bereits in den obersten Bodenschichten aufzunehmen und das Tiefergehen von Kupfersalzen nach dem Grundwasser verhindern können.

Im nachstehenden Versuche verwendete ich deshalb als Bodenart Marmor, welcher im Mörser zu kleinen Stücken zerstofsen worden war und durch Absieben in zwei Korngröfsen von 0,25 mm und 1 bis 2 mm getrennt wurde.

Ich wählte diese beiden verschiedenen Korngröfsen, um zugleich festzustellen, ob nicht durch Ausscheiden des Kupferoxyds auf der Oberfläche der Sandteilchen eine Schutzwirkung in der Art eintritt, dafs die festhaftende Kupferoxydschicht wie eine mehr oder weniger undurchlässige Hülle die Berührung des Marmors mit neuer Kupferlösung hindert.

In den Versuchen der Tabelle II wurden 25 g der Bodenproben aus Marmor mit je 100 ccm Wasser mit einem Gehalt von 10 mg Kupfer versetzt und nach jedesmal einstündiger Berührung im Filtrat der Restteil des gelösten Kupferoxyds kolorimetrisch bestimmt.

Digitized by Google

Tabelle II.

| Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6,60 | 1,00 | 41 | 10,00 | 5,06 |
| 2 | 4,20 | 8,40 | 42 | 9,72 | 6,80 |
| 3 | 4,40 | 8,20 | 43 | 9,52 | 9,10 |
| 4 | 4,20 | 8,50 | 44 | 10,00 | 9,94 |
| 5 | 7,40 | 9,20 | 45 | 10,00 | 7,20 |
| 6 | 8,70 | 9,40 | 46 | 9,92 | 5,00 |
| 7 | 8,00 | 8,80 | 47 | 9,92 | 6,80 |
| 8 | 9,20 | 9,60 | 48 | 8,40 | 4,20 |
| 9 | 9,60 | 8,00 | 49 | 9,67 | 4,00 |
| 10 | 9,60 | 9,00 | 50 | 9,84 | 7,20 |
| 11 | 9,40 | 7,70 | 51 | 9,00 | 6,40 |
| 12 | 10,00 | 7,80 | 52 | 9,74 | 5,00 |
| 13 | 10,00 | 8,70 | 53 | 7,60 | 7,40 |
| 14 | 9,96 | 8,00 | 54 | 9,68 | 6,40 |
| 15 | 9,96 | 7,80 | 55 | 9,80 | 8,40 |
| 16 | 9,96 | 7,00 | 56 | 9,92 | 6,20 |
| 17 | 9,96 | 6,00 | 57 | 8,00 | 5,00 |
| 18 | 9,92 | 7,80 | 58 | 9,50 | 6,00 |
| 19 | 9,98 | 7,20 | 59 | 8,00 | 5,60 |
| 20 | 9,90 | 8,00 | 60 | 9,74 | 6,60 |
| 21 | 9,92 | 8,60 | 61 | 9,84 | 8,20 |
| 22 | 9,96 | 5,40 | 62 | 7,30 | 6,20 |
| 23 | 9,90 | 7,00 | 63 | 8,10 | 7,40 |
| 24 | 9,92 | 7,40 | 64 | 8,90 | 6,80 |
| 25 | 9,94 | 7,80 | 65 | 8,80 | 5,80 |
| 26 | 10,00 | 6,00 | 66 | 9,88 | 4,80 |
| 27 | 9,00 | 5,80 | 67 | 9,94 | 7,60 |
| 28 | 9,92 | 6,00 | 68 | 9,76 | 6,30 |
| 29 | 9,80 | 5,60 | 69 | 9,10 | 6,00 |
| 30 | 9,90 | 5,60 | 70 | 9,68 | 5,80 |
| 31 | 9,96 | 7,00 | 71 | 9,94 | 8,00 |
| 32 | 9,86 | 9,50 | 72 | 9,92 | 6,20 |
| 33 | 9,90 | 6,40 | 73 | 9,88 | 6,60 |
| 34 | 10,00 | 8,20 | 74 | 9,50 | 7,60 |
| 35 | 9,96 | 6,00 | 75 | 9,94 | 8,90 |
| 36 | 9,84 | 3,20 | 76 | 9,88 | 6,80 |
| 37 | 7,60 | 7,40 | 77 | 7,00 | 2,00 |
| 38 | 9,88 | 6,20 | 78 | 9,90 | 8,40 |
| 39 | 10,00 | 6,40 | 79 | 9,86 | 9,50 |
| 40 | 9,92 | 5,80 | 80 | 9,94 | 8,70 |

Digitized by Google

| Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer |
|---|---|---|---|---|---|
| 81 | 9,46 | 6,00 | 116 | 10,00 | 8,70 |
| 82 | 9,90 | 8,80 | 117 | 10,00 | 9,10 |
| 83 | 9,76 | 7,20 | 118 | 9,80 | 5,40 |
| 84 | 7,00 | 5,20 | 119 | 10,00 | 8,80 |
| 85 | 9,94 | 9,88 | 120 | 9,74 | 8,80 |
| 86 | 9,62 | 6,40 | 121 | 9,80 | 7,80 |
| 87 | 9,94 | 7,70 | 122 | 10,00 | 7,60 |
| 88 | 9,86 | 7,70 | 123 | 8,60 | 6,20 |
| 89 | 9,74 | 6,00 | 124 | 9,70 | 6,00 |
| 90 | 8,60 | 5,40 | 125 | 8,00 | 4,00 |
| 91 | 9,94 | 8,40 | 126 | 9,65 | 7,00 |
| 92 | 9,82 | 8,40 | 127 | 9,84 | 8,00 |
| 93 | 9,92 | 8,20 | 128 | 10,00 | 8,00 |
| 94 | 9,30 | 6,00 | 129 | 8,00 | 4,00 |
| 95 | 9,82 | 7,00 | 130 | 10,00 | 8,20 |
| 96 | 9,82 | 7,00 | 131 | 9,40 | 7,50 |
| 97 | 9,25 | 6,20 | 132 | 9,60 | 7,60 |
| 98 | 8,20 | 6,00 | 133 | 8,30 | 6,00 |
| 99 | 9,00 | 6,60 | 134 | 9,00 | 6,70 |
| 100 | 9,74 | 6,60 | 135 | 10,00 | 8,50 |
| 101 | 8,70 | 6,40 | 136 | 10,00 | 8,50 |
| 102 | 9,40 | 6,60 | 137 | 9,62 | 7,40 |
| 103 | 9,78 | 6,90 | 138 | 9,74 | 7,60 |
| 104 | 9,84 | 7,40 | 139 | 9,80 | 8,00 |
| 105 | 9,84 | 6,80 | 140 | 7,60 | 6,00 |
| 106 | 8,50 | 6,00 | 141 | 9,74 | 6,50 |
| 107 | 9,20 | 6,00 | 142 | 10,00 | 8,40 |
| 108 | 9,76 | 7,20 | 143 | 9,76 | 7,00 |
| 109 | 8,00 | 5,00 | 144 | 9,96 | 7,40 |
| 110 | 9,25 | 6,60 | 145 | 8,50 | 6,00 |
| 111 | 10,00 | 8,40 | 146 | 9,25 | 5,00 |
| 112 | 8,80 | 7,25 | 147 | 9,74 | 6,60 |
| 113 | 10,00 | 7,50 | 148 | 9,50 | 6,00 |
| 114 | 7,20 | 4,40 | 149 | 9,50 | 7,00 |
| 115 | 10,00 | 8,30 | | | |

Wie die Tabelle lehrt, ist die Absorption des Kupfers im Marmorboden, obgleich nur eine einstündige Berührung vorlag, eine äufserst energische. Die schützende Umhüllung des ausgefällten Kupferoxyds um die Sandkörner ruft gelegentlich eine

Digitized by Google

geringe Abschwächung der Kupferausfällung hervor, welche sich insbesondere dahin bemerklich macht, dafs der grobkörnige Marmor vermöge seiner relativ geringeren Oberfläche auch eine geringere Einwirkung hinsichtlich des Ausfällens von Kupfer zeigt.

Berechnet auf 1 kg Marmorsand ergibt sich, dafs die feinkörnige Sorte in dem vorstehenden Versuche pro Kilo Sand im ganzen 55,80 g Kupfer und die grobkörnige Sandprobe 42,35 g Kupfer unlöslich gefällt hat.

Im nachfolgenden Versuche wurde mit gleichen Sandproben und derselben Kupferlösung wie früher gearbeitet, nur dafs nicht wie vorher 1 Stunde, sondern 24 Stunden Berührung zwischen der Kupferlösung und dem Marmorboden gelassen wurde.

Die Ausscheidungsgröfsen des gefällten Kupfers zeigt die Tabelle III auf S. 201 und 202.

Durch die Verlängerung der Berührung der Kupferlösung mit Marmor erfolgt also auch eine entsprechende vollständige Absorption, wobei in dem feinkörnigen Marmorsand nahezu die gesamte Kupfermenge gefällt wird, während in dem grobkörnigen Teile die Ausfällung eine etwas geringere bleibt.

Es gelingt somit leicht, durch relativ geringe Mengen von kohlensauren Erden auch aus sehr verdünnten Kupferlösungen die gesamte Kupfermenge auszuscheiden, und jener Erdboden, welcher eine Beimischung von kohlensauren Erden enthält, wird deshalb auch viel leichter und vollständiger die Kupfersalze ausscheiden, so dafs dieselben, wie dies beim Bewässern mit kupferhaltigem Flufswasser der Fall ist, sich bereits in den obersten Bodenschichten ansammeln und infolge der stattfindenden Anreicherung Pflanzenwurzeln nachhaltend zu schädigen vermögen.

Die günstige Absorptionswirkung des Kupfers im Erdboden tritt aber nur dann ein, wenn neutrale Flüssigkeiten vorliegen.

Versuche, die ich in der Art anstellte, dafs Bodenproben mit einer Kupferlösung versetzt wurden, welche aufser 10 mg Kupfer in 100 ccm Wasser noch geringe Mengen von Säuren,

(Fortsetzung des Textes auf S. 202.)

Digitized by Google

Tabelle III.

| Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | | Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | |
|---|---|---|---|---|---|
| | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver | | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver |
| | mg | mg | . | mg | mg |
| 1 | 10,00 | 9,75 | 39 | 9,98 | 7,80 |
| 2 | 10,00 | 9,40 | 40 | 4,94 | 7,80 |
| 3 | 9,92 | 8,00 | 41 | 9,90 | 9,00 |
| 4 | 9,94 | 9,10 | 42 | 9,92 | 4,20 |
| 5 | 9,93 | 9,88 | 43 | 9,96 | 6,80 |
| 6 | 10,00 | 9,24 | 44 | 10,00 | 9,30 |
| 7 | 9,98 | 9,45 | 45 | 7,60 | 8,20 |
| 8 | 10,00 | 9,62 | 46 | 9,94 | 8,90 |
| 9 | 10,00 | 9,28 | 47 | 9,96 | 8,80 |
| 10 | 10,00 | 7,50 | 48 | 10,00 | 5,00 |
| 11 | 9,97 | 8,60 | 49 | 10,00 | 8,50 |
| 12 | 9,97 | 8,70 | 50 | 10,00 | 6,00 |
| 13 | 9,98 | 9,95 | 51 | 7,40 | 9,66 |
| 14 | 9,92 | 9,82 | 52 | 9,96 | 8,20 |
| 15 | 9,94 | 8,60 | 53 | 9,96 | 7,60 |
| 16 | 9,90 | 8,64 | 54 | 9,35 | 8,90 |
| 17 | 9,80 | 9,78 | 55 | 10,00 | 8,06 |
| 18 | 10,00 | 9,32 | 56 | 9,86 | 6,90 |
| 19 | 9,98 | 8,70 | 57 | 9,88 | 9,00 |
| 20 | 9,98 | 8,70 | 58 | 10,00 | 9,88 |
| 21 | 10,00 | 8,50 | 59 | 9,88 | 8,70 |
| 22 | 10,00 | 9,50 | 60 | 10,00 | 9,40 |
| 23 | 10,00 | 9,60 | 61 | 10,00 | 9,80 |
| 24 | 10,00 | 9,00 | 62 | 9,94 | 8,50 |
| 25 | 10,00 | 9,00 | 63 | 9,94 | 9,80 |
| 26 | 10,00 | 9,50 | 64 | 9,92 | 9,84 |
| 27 | 10,00 | 8,60 | 65 | 10,00 | 9,94 |
| 28 | 10,00 | 9,20 | 66 | 10,00 | 9,80 |
| 29 | 10,00 | 7,20 | 67 | 10,00 | 9,48 |
| 30 | 10,00 | 8,00 | 68 | 10,00 | 8,90 |
| 31 | 10,00 | 8,20 | 69 | 10,00 | 9,94 |
| 32 | 10,00 | 8,20 | 70 | 10,00 | 9,45 |
| 33 | 9,88 | 7,60 | 71 | 10,00 | 9,90 |
| 34 | 9,96 | — | 72 | 9,90 | 9,94 |
| 35 | 10,00 | 7,75 | 73 | 9,90 | 9,96 |
| 36 | 9,96 | 9,90 | 74 | 10,00 | 9,92 |
| 37 | 9,96 | 8,80 | 75 | 10,00 | 9,50 |
| 38 | 2,80 | 8,90 | 76 | 10,00 | 9,10 |

Digitized by Google

| Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | | Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | |
|---|---|---|---|---|---|
| | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver | | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver |
| | mg | mg | | mg | mg |
| 77 | 10,00 | 9,84 | 101 | 10,00 | 9,66 |
| 78 | 9,94 | 9,84 | 102 | 10,00 | 9,92 |
| 79 | 10,00 | 9,94 | 103 | 10,00 | 7,75 |
| 80 | 10,00 | 9,55 | 104 | 10,00 | 9,30 |
| 81 | 9,94 | 9,94 | 105 | 10,00 | 8,00 |
| 82 | 9,92 | 9,74 | 106 | 10,00 | 8,00 |
| 83 | 9,94 | 9,00 | 107 | 9,74 | 9,60 |
| 84 | 9,94 | 9,72 | 108 | 10,00 | 9,00 |
| 85 | 10,00 | 9,24 | 109 | 10,00 | 9,66 |
| 86 | 10,00 | 8,80 | 110 | 10,00 | 10,00 |
| 87 | 10,00 | 9,20 | 111 | 10,00 | 10,00 |
| 88 | 10,00 | 8,60 | 112 | 10,00 | 9,40 |
| 89 | 10,00 | 9,60 | 113 | 10,00 | 9,50 |
| 90 | 10,00 | 9,86 | 114 | 10,00 | 9,60 |
| 91 | 10,00 | 8,00 | 115 | 10,00 | 9,86 |
| 92 | 10,00 | 10,00 | 116 | 10,00 | 9,74 |
| 93 | 10,00 | 9,86 | 117 | 10,00 | 9,60 |
| 94 | 10,00 | 10,00 | 118 | 10,00 | 9,84 |
| 95 | 9,40 | 10,00 | 119 | 10,00 | 9,80 |
| 96 | 10,00 | 9,86 | 120 | 10,00 | 8,60 |
| 97 | 10,00 | 10,00 | 121 | 10,00 | 9,30 |
| 98 | 10,00 | 9,90 | 122 | 10,00 | 8,86 |
| 99 | 10,00 | 10,00 | 123 | 10,00 | 9,70 |
| 100 | 10,00 | 9,00 | | | |
| | | | | 1213,6 | 1102,6 |

nämlich 1/100 Normal-Schwefelsäure enthielten, ergaben, dafs diese geringe Säure die Absorption von Kupfer im Quarzboden gänzlich aufhob und nur in den Bodenarten, in welchen noch Alkalien, bzw. alkalische Erden vorkamen, wurde entsprechend der Neutralisation der vorhandenen freien Säure eine teilweise oder völlige Bindung des Kupfers herbeigeführt.

In den bisherigen Versuchen wurde nachgewiesen, dafs auf die Gröfse und Vollständigkeit der Kupferausfällung im Erdboden vor allem die chemische Zusammensetzung des Bodens Einflufs hat.

Digitized by Google

Wie bedeutend die absorbierende Kraft des Bodens für Kupfer ist, zeigen folgende Filtrationsversuche:

In einer Glasröhre wurden abgewogene Proben des Leipziger Sandes von 0,25 mm Korngröfse gefüllt und auf die Schicht Kupferlösungen von verschiedener Konzentration zur Filtration aufgegeben und beobachtet, wann die ersten Spuren Kupfers im Filtrate ankamen.

Bei einer Bodenmenge von 54,4 g Leipziger Sand wurden 300 ccm Lösung aufgegeben, welche 1 mg Kupfer in 100 ccm enthielt, ohne dafs eine Kupferreaktion im Filtrat auftrat; bei der weiteren Zugabe einer konzentrierteren Lösung von 2 mg Kupfer in 100 ccm konnte auch durch die Filtration von 200 ccm Lösung noch kein Kupfer im Filtrat nachgewiesen werden. Als dann eine noch konzentriertere Kupferlösung mit 5 mg Kupfer in 100 ccm aufgegossen wurde, konnten wiederum 250 ccm filtriert werden, ohne Anwesenheit von Kupfer im Filtrat, und als endlich eine Lösung mit 10 mg Kupfer in 100 ccm Flüssigkeit aufgegossen wurde, mufsten noch 351 ccm dieser Lösung durch den Boden filtrieren, bis nunmehr die ersten Spuren von Kupfer im Filtrate erschienen.

Es waren also durch die 54,5 g Boden = 39,3 ccm Volumen 1100 ccm kupferhaltiges Wasser hindurchfiltriert, bis endlich die ersten Spuren gelösten Kupfers im Filtrate nachgewiesen werden konnten.

Bei diesem Filtrationsversuche hat also der Boden trotz des raschen Durchfliefsens der Kupferlösung 54,6 mg Gesamtkupfer absorbiert, das ist pro 1 kg Boden 1,004 g Kupfer.

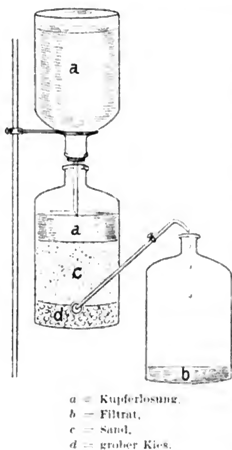
Wurden Bodensorten von gröberer Korngröfse, 0,8 bis 2,0 mm angewendet, so erfolgte der Durchtritt von gelöstem Kupfer, wie leicht verständlich, frühzeitiger.

Bei einem solchen Versuche, bei welchem 83,6 g filtrierende Bodenmenge angewendet wurden, mufsten aber immerhin noch 663 ccm einer Kupferlösung von 1 resp. 2 und 5 mg Kupfer in 100 ccm benutzt werden, um im Filtrate die ersten Spuren Kupfers zu finden.

Digitized by Google

Von grofser praktischer Wichtigkeit erschien mir die Entscheidung der Frage, wie lange einzelne Sandproben imstande sind, ihre absorbierende Kraft für Kupfer auszuüben.

Zu diesem Zwecke wurde auf den Boden einer grofsen, 6 l haltenden Flasche eine Schicht grober Kies gebracht und auf diese Schicht der zu den Versuchen dienende Sand 11 cm hoch aufgeschichtet. Die Menge des zu diesem Versuche verwendeten Quarzsandes betrug 2500 g und hatte eine Korngröfse von 0,5 bis 1,0 mm.




*a* = Kupferlösung,
*b* = Filtrat,
*c* = Sand,
*d* = grober Kies.

Da die Flasche einen inneren Durchmesser von 13,5 cm hatte, betrug der Querschnitt bzw. die filtrierende Sandoberfläche 143,1 qcm.

Um nun die Filtration des kupferhaltigen Wassers durch die Sandlage in gleichmäfsiger und andauernder Form zu regulieren, wurde nachstehende Versuchsanordnung getroffen, wie sie die Zeichnung erläutert.

Nachdem die Sandflasche mit Flüssigkeit gefüllt war, so dafs dieselbe etwa 4 cm über der Sandoberfläche stand, wurde, durch ein Stativ getragen, eine Mariottesche Flasche aufgesetzt, welche die zu filtrierende Kupferlösung mit jedesmal 100 mg Kupfer in 1 l Wasser enthielt.

Um die Filtrationsgeschwindigkeit durch den Sand gleichmäfsig regeln und beherrschen zu können, wurde in die am Boden der Sandflasche befindliche Tubusöffnung ein gebogenes, mit einem Glashahn versehenes Abflufsrohr eingesetzt, welches durch einen Kork ging und so beweglich gehalten wurde, dafs teils durch Glashahnstellung, teils durch Tiefer- und Höherstellen dieses Ausflufsrohres die Filtration ganz nach Belieben tropfenweise geregelt werden konnte.

Digitized by Google

Die durch den Sand filtrierende Flüssigkeit wurde in einer Vorratsflasche aufgefangen und die hier vorhandene, durch den Sand filtrierte Kupfermenge täglich bestimmt.

Aufser der täglichen Kupferbestimmung im Filtrate war somit weiter keine Änderung des Versuchs erforderlich, als dafür zu sorgen, dafs in der Mariotteschen Flasche die erforderlichen Kupferlösungen regelmäfsig nachgefüllt wurden.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Filtration erfolgte, konnte durch Tiefer- und Höherstellen des Ausflufsrohres leicht geändert werden.

Dieselbe wurde vom 1. bis 29. Tage auf 0,126 mm Geschwindigkeit gehalten, bis zum 40. Tage auf 0,157 mm, bis zum 90. Tage auf 0,324 mm und bis zum 204. Versuchstage auf 0,252 mm.

Es wurde also durch die gegebene Sandfläche pro Minute eine Flüssigkeitsmenge filtriert, die so bedeutend ist, dafs pro Stunde 103,8 bis 277,8 ccm Kupferlösung aus der Sandflasche abflossen.

In folgender Tabelle gebe ich die Versuchsresultate der Sandfiltration, wobei ich zum Zwecke der Verkürzung der Tabelle die Ergebnisse der einzelnen Versuchstage in Gruppen von je 20 Tagen zusammenfasse.

Tabelle IV.

| Tag | Menge der filtrierten Cu-Lösung | Aufgegossene Cu-Menge | Bei der Filtration vom Sande absorbierte Cu-Menge | |
|---|---|---|---|---|
| | | | absolut | relativ |
| | l | g | g | % |
| 1—20 | 20 | 2,000 | 1,985 | 99,25 |
| 21—40 | 20 | 2,000 | 1,953 | 97,65 |
| 41—60 | 31 | 3,100 | 3,078 | 99,30 |
| 61—80 | 71 | 7,100 | 6,923 | 97,51 |
| 81—100 | 71 | 7,100 | 6,752 | 95,09 |
| 101—120 | 64 | 6,400 | 6,166 | 96,39 |
| 121—140 | 71 | 7,100 | 6,421 | 90,43 |
| 141—160 | 66 | 6,600 | 5,406 | 81,90 |
| 161—180 | 60 | 6,000 | 4,386 | 73,10 |
| 181—200 | 60 | 6,000 | 3,294 | 54,90 |
| 201—204 | 12 | 1,200 | 0,621 | 51,70 |
| | 546 | 54,600 | 46,985 | |

Digitized by Google

Während des Versuchs wurden somit im ganzen 546 l Kupferlösung mit 54,6 g Kupfer zur Filtration gebracht. Von diesem Kupfer wurden 46,98 = 86,0 % vom Sande absorbiert. Der Quarzsand hatte somit eine derartig hohe bindende Kraft für Kupfer, dafs pro Kilo Sand 18,76 g Kupfer festgehalten wurden.

Da der Sand noch am Ende des Versuchs (204. Tage) die Kraft hatte, 45 % des aufgegossenen Kupfers aufzunehmen, so war die Bindungskraft des Quarzsandes noch nicht erschöpft, wenn auch ein Teil des Kupfers bereits im gelösten Zustande passierte.

Über die makroskopischen Veränderungen des Sandes während des Filtrierens der Kupferlösung ist zu berichten, dafs nach einigen Tagen sich kleine blafsgrüne zerstreute Körner von Kupferoxydhydrat auf der Oberfläche des Sandes zeigen. Mit der Zeit vermehren sie sich, so dafs eine lockere grüne Schicht auf der Oberfläche des Sandes entsteht, während zugleich in der Tiefe desselben sich grüne Überzüge um die Sandkörner bilden. Allmählich stieg die Grünfärbung des Sandes in die tieferen Schichten herunter und mit diesem Zeitpunkte nahm auch der Gehalt an gelösten Kupfersalzen im Filtrate allmählich zu.

Es ist selbstverständlich, dafs bei der Filtration von Kupferlösungen im Sande komplizierte chemische Prozesse vor sich gehen, und dafs verschiedene Substanzen als Umsatzprodukte entstehen werden.

Versuche, die dahin ausgeführt wurden, um festzustellen, ob die Filtration zu irgend einer Zeit freie Schwefelsäure enthält, waren negativ.

Es wurden von der durch Sand filtrierten Kupferlösung wiederholt Mengen von 500 ccm eingedampft und qualitativ auf freie Säuren geprüft. Die Flüssigkeit wurde stets neutral gefunden.

Dafs jedoch eine Zersetzung des schwefelsauren Kupfers eingetreten war, zeigte die weitere Beobachtung, dafs die mit destilliertem Wasser hergestellte Kupferlösung im Filtrate nach der Filtration reichliche Mengen gebundener Schwefelsäure

Digitized by Google

(bestimmt mittels Ausfällens durch Chlorbaryum) enthielt, welche der Schwefelsäuremenge entspricht, die die aufgegossene Lösung von Kupfersulfat besafs.

Es gelingt somit durch einfache Filtration von Kupfersulfatlösungen während langen Zeiten das Kupfer zur Ausscheidung im Sandboden zu bringen.

In den folgenden beiden Versuchen wollte ich feststellen, wie die Kupfer absorbierende Kraft in Sandproben sich verhält, wenn gröfsere Wassergeschwindigkeiten eingeleitet werden. Es würde naturgemäfs vorteilhafter sein, eine gröfsere Filtrationsgeschwindigkeit ausführen zu können, wenn es sich darum handelt, ein mit Kupfer verunreinigtes Wasser zu reinigen.

Die zwei Versuche wurden angestellt:

1. mit reinen Quarzsandmengen und
2. mit derselben Menge Sand, bestehend aus Quarzsand mit beigemischtem Marmorsand.

Um zutreffende Vergleichswerte zu erhalten, wurden deshalb in zwei grofse Flaschen gleiche Gewichtsmengen Sand eingefüllt und die Durchleitung der Kupferlösung aus einer Marioteschen Flasche in derselben Weise vorgenommen, wie dies beim früheren Versuche beschrieben wurde.

Im Versuch 1 wurden 700 g reiner Quarzsand von 0,5 bis 1,0 mm Korngröfse verwendet und während 99 Tagen jeden Tag 1 resp. 2 und 3 l Kupferlösung mit 100 mg Kupfer in 1 l aufgegeben. Durch tiefere Schrägstellung des gebogenen Abflufsrohres und Hahnstellung wurde hier wie in dem nachfolgenden 2. Versuche eine gröfsere Filtrationsgeschwindigkeit von 0,234 bis 0,390 mm pro Minute gegeben.

In nachstehender Tabelle V sind die Mengen der aufgegossenen Kupferlösungen, sowie die bei jeder einzelnen Filtration im Sande absorbierten Kupfermengen und die Prozentmenge des absorbierten Kupfers mitgeteilt.

Digitized by Google

Tabelle V.

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung | Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | % | | | mg | % |
| 1 | 2 | 180,0 | 90,0 | 37 | 2 | 195,0 | 97,5 |
| 2 | 2 | 80,0 | 40,0 | 38 | 2 | 197,6 | 98,8 |
| 3 | 1 | 40,0 | 40,0 | 39 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 4 | 2 | 40,0 | 20,0 | 40 | 2 | 198,6 | 99,3 |
| 5 | 1 | 10,0 | 10,0 | 41 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 6 | 2 | 20,0 | 10,0 | 42 | 2 | 198,8 | 99,4 |
| 7 | 2 | 40,0 | 20,0 | 43 | 3 | 295,6 | 98,4 |
| 8 | 1 | 25,0 | 25,0 | 44 | 2 | 181,0 | 90,5 |
| 9 | 2 | 40,0 | 20,0 | 45 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 10 | 1 | 30,0 | 30,0 | 46 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| 11 | 2 | 70,0 | 35,0 | 47 | 2 | 198,8 | 99,4 |
| 12 | 1 | 40,0 | 40,0 | 48 | 2 | 198,6 | 99,3 |
| 13 | 2 | 80,0 | 40,0 | 49 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 14 | 1 | 65,0 | 65,0 | 50 | 2 | 185,0 | 92,5 |
| 15 | 2 | 90,0 | 45,0 | 51 | 3 | 260,8 | 86,9 |
| 16 | 1 | 35,0 | 35,0 | 52 | 3 | 227,8 | 75,9 |
| 17 | 2 | 100,0 | 50,0 | 53 | 3 | 229,0 | 76,3 |
| 18 | 2 | 70,0 | 35,0 | 54 | 3 | 251,5 | 83,8 |
| 19 | 2 | 130,0 | 65,0 | 55 | 3 | 241,0 | 80,3 |
| 20 | 2 | 90,0 | 45,0 | 56 | 3 | 230,0 | 76,6 |
| 21 | 2 | 130,0 | 65,0 | 57 | 2 | 186,0 | 93,0 |
| 22 | 2 | 80,0 | 40,0 | 58 | 3 | 287,2 | 95,7 |
| 23 | 3 | 105,0 | 52,5 | 59 | 2 | 178,0 | 89,0 |
| 24 | 2 | 100,0 | 50,0 | 60 | 2 | 156,0 | 78,0 |
| 25 | 2 | 130,0 | 65,0 | 61 | 2 | 176,0 | 88,0 |
| 26 | 2 | 150,0 | 75,0 | 62 | 2 | 191,0 | 95,5 |
| 27 | 2 | 140,0 | 70,0 | 63 | 2 | 176,0 | 88,0 |
| 28 | 2 | 178,0 | 89,0 | 64 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| 29 | 2 | 172,0 | 86,0 | 65 | 3 | 266,8 | 88,9 |
| 30 | 2 | 168,0 | 84,0 | 66 | 2 | 196,8 | 98,4 |
| 31 | 3 | 234,2 | 78,0 | 67 | 2 | 193,0 | 96,5 |
| 32 | 2 | 164,0 | 82,0 | 68 | 2 | 187,0 | 93,5 |
| 33 | 2 | 170,0 | 85,0 | 69 | 2 | 198,4 | 99,2 |
| 34 | 3 | 234,0 | 78,0 | 70 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 35 | 3 | 240,0 | 80,0 | 71 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 36 | 2 | 189,0 | 94,5 | 72 | 2 | 190,0 | 95,0 |

Digitized by Google

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung | Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | % | | | mg | % |
| 73 | 3 | 268,6 | 89,5 | 87 | 2 | 168,0 | 84,0 |
| 74 | 2 | 180,0 | 90,6 | 88 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 75 | 2 | 184,9 | 92,4 | 89 | 2 | 120,0 | 60,0 |
| 76 | 2 | 140,0 | 70,0 | 90 | 2 | 128,0 | 64,0 |
| 77 | 2 | 160,0 | 80,0 | 91 | 2 | 128,0 | 64,0 |
| 78 | 2 | 150,0 | 75,0 | 92 | 2 | 174,0 | 87,0 |
| 79 | 2 | 128,0 | 64,0 | 93 | 2 | 152,0 | 76,0 |
| 80 | 2 | 128,0 | 64,0 | 94 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 81 | 2 | 180,0 | 90,0 | 95 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 82 | 3 | 216,0 | 72,0 | 96 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 83 | 2 | 108,0 | 54,0 | 97 | 2 | 128,0 | 64,0 |
| 84 | 2 | 116,0 | 58,0 | 98 | 2 | 120,0 | 60,0 |
| 85 | 2 | 104,0 | 52,0 | 99 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 86 | 2 | 140,0 | 70,0 | | | | |
| | | | | | 206 | 15046,8 | |

Die Tabelle lehrt, dafs die Ausfällung des Kupfers im Quarzsande nicht gleichmäfsig erfolgt, sondern in den ersten Tagen erheblich geringer ist. In dem Mafse als Kupferteilchen sich auf der Oberfläche der Sandschicht, sowie in den Sandkörnern selbst ablagern, nimmt die Absorptionskraft erheblich zu und behält diesen Wert auch, wenn die zwei- und dreifache Menge Kuplerlösung, also auch die zwei- und dreifache Kupfermenge zur Filtration gebracht wird.

Hierauf folgt von dem 76. Versuchstage an eine konstante Abnahme der absorbierenden Kraft.

In dem vorstehenden Versuche, in welchem auf 700 g Sand 206 l Kupferlösung aufgegeben wurden, ist die beträchtliche Menge von 15,04 g = 71,9 % Kupfer ausgefällt und vom Boden absorbiert worden.

Der Grund, dafs der ursprünglich reine Quarzsand in der ersten Zeit erheblich weniger Kupfer absorbiert wie später, wird möglicherweise auf einer Kontaktwirkung beruhen, welche darin



Digitized by Google

besteht, dafs die Ausscheidung und das Unlöslichwerden des Kupferoxydhydrats an Sandteilchen und Oberflächen, welche bereits mit einer dünnen Schicht Kupferoxydhydrat überzogen sind, leichter und intensiver erfolgt. Es würde dies ein analoger Vorgang sein, wie er auch bei Enteisenungsanlagen zu beobachten ist, bei welchen, wie in der Leipziger Enteisenungsanlage, die eingeführten und als Filterschicht hergerichteten Kieslagen in der ersten Zeit des Betriebes das Eisenoxyd lange nicht in dem Mafse ausscheiden und festhalten, wie dies nach einiger Betriebszeit der Fall ist, wenn die Kiesschichten sich mit der festhaftenden gelben Schicht von Eisenoxydhydrat überzogen haben.

Bei dem zweiten Versuche wurden 700 g Sand, bestehend aus 600 g reinem Quarzsand und 100 g Marmorsand in derselben Versuchsweise und bei der gleichen Flaschengröfse wie in dem vorher beschriebenen Versuche angewendet. Auch hier wurde eine gröfsere Filtrationsgeschwindigkeit, nämlich 0,373 bis 0,418 mm pro Minute eingehalten und Kupferlösungen mit 100 mg Kupfer in 1 l Wasser aufgegeben.

Der Versuch dauerte in diesem Falle 146 Tage, während welchen jedesmal Mengen von 1 resp. 2 und 3 l zur Filtration gelangten.

Die Tabelle VI ergibt die Absorptionsgröfsen des Kupfers in den verwendeten 700 g Sand.

(Siehe Tabelle VI auf S. 211 u. 212.)

Es zeigt sich, dafs, wie von vornherein angenommen werden konnte, die Beimischung von 100 g Marmorsand zu Quarzsand einen aufserordentlich günstigen Erfolg hinsichtlich der Kupferabsorption in den obersten Schichten lieferte.

Zunächst ist hervorzuheben, dafs auch in diesem Versuche die Anfangsabsorption für Kupfer eine geringere war als in den späteren Tagen, aber diese Verringerung dauerte nur bis etwa zum 10. Tage, um von da an nahezu gleichmäfsig auf 98 bis 99 % Absorptionsgröfse während mehr als 120 Tagen zu verbleiben. Es ist anzunehmen, dafs durch die Anwesenheit der

(Fortsetzung des Textes auf S. 213.)

Digitized by Google

Tabelle VI.

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge | Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | % | | | mg | % |
| 1 | 1 | 96,0 | 96,0 | 37 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 2 | 1 | 78,0 | 78,0 | 38 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 3 | 1 | 54,0 | 54,0 | 39 | 2 | 193,2 | 96,6 |
| 4 | 1 | 56,0 | 56,0 | 40 | 3 | 295,3 | 98,4 |
| 5 | 1 | 87,0 | 87,0 | 41 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 6 | 1 | 80,0 | 80,0 | 42 | 2 | 193,6 | 96,8 |
| 7 | 1 | 84,0 | 84,0 | 43 | 3 | 292,6 | 97,5 |
| 8 | 1 | 70,0 | 70,0 | 44 | 2 | 196,8 | 98,4 |
| 9 | 1 | 95,0 | 95,0 | 45 | 2 | 198,8 | 99,4 |
| 10 | 1 | 86,5 | 86,5 | 46 | 2 | 197,8 | 98,9 |
| 11 | 1 | 95,0 | 95,0 | 47 | 2 | 198,4 | 99,2 |
| 12 | 1 | 92,0 | 92,0 | 48 | 2 | 197,6 | 98,8 |
| 13 | 1 | 93,0 | 93,0 | 49 | 3 | 291,6 | 97,1 |
| 14 | 1 | 98,2 | 98,2 | 50 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 15 | 1 | 98,4 | 98,4 | 51 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 16 | 1 | 99,2 | 99,2 | 52 | 3 | 295,0 | 98,3 |
| 17 | 2 | 195,6 | 97,8 | 53 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 18 | 2 | 196,8 | 98,4 | 54 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 19 | 2 | 197,2 | 98,6 | 55 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 20 | 2 | 196,4 | 98,2 | 56 | 2 | 199,0 | 99,5 |
| 21 | 2 | 197,6 | 98,8 | 57 | 2 | 199,6 | 99,8 |
| 22 | 2 | 196,8 | 98,4 | 58 | 2 | 199,6 | 99,8 |
| 23 | 2 | 197,2 | 98,6 | 59 | 2 | 198,2 | 99,1 |
| 24 | 2 | 197,6 | 98,8 | 60 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 25 | 2 | 197,6 | 98,8 | 61 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 26 | 2 | 198,0 | 99,0 | 62 | 2 | 191,2 | 95,6 |
| 27 | 3 | 296,2 | 98,7 | 63 | 2 | 191,0 | 95,5 |
| 28 | 3 | 296,5 | 98,8 | 64 | 2 | 192,4 | 96,2 |
| 29 | 2 | 197,8 | 98,9 | 65 | 2 | 181,2 | 95,6 |
| 30 | 3 | 296,4 | 98,8 | 66 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 31 | 3 | 297,3 | 99,1 | 67 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 32 | 3 | 297,4 | 99,1 | 68 | 2 | 194,4 | 97,2 |
| 33 | 3 | 296,6 | 98,8 | 69 | 3 | 289,8 | 96,6 |
| 34 | 3 | 294,8 | 98,2 | 70 | 3 | 286,6 | 95,5 |
| 35 | 3 | 292,8 | 97,6 | 71 | 3 | 281,5 | 93,8 |
| 36 | 3 | 293,0 | 97,6 | 72 | 3 | 282,6 | 94,2 |



Digitized by Google

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge |
|---|---|---|---|
| | | mg | % |
| 73 | 3 | 281,0 | 93,6 |
| 74 | 3 | 277,0 | 92,6 |
| 75 | 3 | 275,0 | 91,6 |
| 76 | 3 | 283,0 | 94,3 |
| 77 | 2 | 195,6 | 97,8 |
| 78 | 3 | 290,6 | 96,8 |
| 79 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 80 | 2 | 192,2 | 96,1 |
| 81 | 2 | 188,0 | 94,0 |
| 82 | 3 | 289,4 | 96,5 |
| 83 | 3 | 288,0 | 96,0 |
| 84 | 3 | 288,0 | 96,0 |
| 85 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 86 | 3 | 294,6 | 98,2 |
| 87 | 2 | 197,4 | 98,6 |
| 88 | 3 | 298,6 | 96,2 |
| 89 | 3 | 296,9 | 98,9 |
| 90 | 3 | 296,1 | 98,7 |
| 91 | 3 | 296,8 | 98,9 |
| 92 | 2 | 197,2 | 98,6 |
| 93 | 2 | 193,0 | 96,5 |
| 94 | 3 | 293,5 | 97,8 |
| 95 | 2 | 188,0 | 94,0 |
| 96 | 2 | 198,2 | 99,1 |
| 97 | 2 | 197,8 | 98,8 |
| 98 | 3 | 296,1 | 98,7 |
| 99 | 3 | 294,8 | 98,2 |
| 100 | 2 | 194,4 | 97,2 |
| 101 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 102 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 103 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 104 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 105 | 2 | 197,0 | 98,2 |
| 106 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 107 | 2 | 194,4 | 97,2 |
| 108 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 109 | 2 | 194,8 | 97,4 |

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge |
|---|---|---|---|
| | | mg | % |
| 110 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 111 | 2 | 198,4 | 99,2 |
| 112 | 2 | 193,2 | 96,6 |
| 113 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 114 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 115 | 2 | 186,0 | 98,0 |
| 116 | 2 | 190,0 | 90,0 |
| 117 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 118 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 119 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 120 | 2 | 195,2 | 97,5 |
| 121 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 122 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 123 | 2 | 187,0 | 93,5 |
| 124 | 2 | 182,0 | 91,0 |
| 125 | 2 | 176,0 | 88,0 |
| 126 | 2 | 182,0 | 91,0 |
| 127 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 128 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 129 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 130 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 131 | 2 | 187,0 | 93,5 |
| 132 | 2 | 180,0 | 95,0 |
| 133 | 2 | 182,0 | 91,0 |
| 134 | 2 | 184,0 | 92,0 |
| 135 | 2 | 190,0 | 90,0 |
| 136 | 2 | 160,0 | 80,0 |
| 137 | 2 | 175,0 | 87,5 |
| 138 | 2 | 172,0 | 86,0 |
| 139 | 2 | 178,0 | 89,0 |
| 140 | 2 | 152,0 | 76,0 |
| 141 | 2 | 164,0 | 82,0 |
| 142 | 2 | 182,0 | 81,0 |
| 143 | 2 | 148,0 | 74,0 |
| 144 | 2 | 170,0 | 85,0 |
| 145 | 2 | 170,0 | 85,0 |
| 146 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| | 310 | 29285,5 | |

Digitized by Google

kleinen Mengen von Marmorsand die Ausscheidung des Kupfers in dem Mafse gesteigert wurde, dafs schon sehr frühzeitig, wie auch die äufsere Farbe der Sandteilchen zeigte, das blaue Kupferoxydhydrat die Sandteilchen kräftig umhüllte und so die weitere Ausscheidung des Kupfers durch Kontaktwirkung begünstigte.

Weiter ist aus diesem Versuche zu entnehmen, dafs es im etwas kalkhaltigen Boden gleichgültig ist, ob gröfsere oder geringere Mengen von Kupferlösungen auf den Boden gelangen. Es erfolgt eine nahezu gänzliche Zerlegung der gelösten Kupfersalze trotz geringer Sandmenge und niedriger Schicht des Filters.

Im vorstehenden Versuche wurden 310 l Kupferlösung auf die Mischung von 600 g Quarzsand und 100 g Marmorpulver in 146 Tagen gegeben. Hierbei wurden 29,28 g Kupfer = 94,7 % ausgefällt und im Boden gebunden.

Bei dem Filtrationsversuche mit reinem Quarzsande (Tab. V) ergab sich, dafs pro 1 kg dieses Sandes 25,5 g Kupfer in 99 Tagen absorbiert wurden.

Bei dem Versuche, in welchem 600 g Quarzsand mit 100 g Marmorsand zur Filtration verwendet wurden, waren in 149 Tagen pro 1 kg dieses Sandgemisches 41,8 g Kupfer gebunden worden.

Rechnet man den Kubikmeter Sand zu 1560 kg, so hat derselbe in den angegebenen Zeiten bei dem reinen Quarzsande 39,8 kg Kupfer und bei dem marmorhaltigen Quarzsande 65,2 kg Kupfer aufgenommen.

Es ergibt sich somit, dafs sowohl reiner Quarzsand, wie insbesondere solcher mit kleinen Mengen von kohlensaurem Kalk versetzten eine ebenso kräftige wie nachhaltende Beseitigung des Kupfers aus Wasser ermöglicht.

Die Ergebnisse meiner Versuche lassen sich in folgende Schlufsfolgerungen zusammenziehen:

1. Bei der Filtration einer Kupferlösung durch Erdboden findet eine erhebliche bis vollständige Zerlegung der Kupfersalze statt, wobei sich Kupferoxydhydrat unlöslich im Erdboden ausscheidet.

Digitized by Google

2. Diese Zerlegung und Absorption der Kupfersalze findet jedoch nicht oder nur in geringem Mafse statt in Lösungen, welche sauer reagieren.
3. Auch in ganz reinem ausgewaschenem Quarzsande findet diese Zerlegung und Absorption statt, wobei dieselbe in der ersten Zeit geringer ist und in der späteren Zeit, sobald die Oberfläche der Sandkörnchen mit ausgeschiedenem Kupferoxyd mehr oder weniger überzogen ist, erheblich ansteigt.
4. Die Kupfermenge, welche in reinem Quarzboden während langer Filtrationsdauer aufgenommen wurde, stieg, auf den Kubikmeter Erde berechnet, bis 39,8 kg Kupfer, ohne dafs das Absorptionsvermögen völlig erschöpft gewesen wäre.
5. Sandboden und Erde, welche geringe Beimengungen von kohlensauren Erden enthalten, zeigen von Anfang an eine sehr vollständige und zugleich sehr lange Zeit andauernde Ausscheidung und Bindung des Kupfers. In einem während 149 Tagen fortgesetzten Versuche wurden pro cbm Sand 65,2 kg Kupfer festgebunden und war noch am letzten Tage die Absorption so wenig abgeschwächt, dafs noch an diesem Tage ca. 85% des aufgegebenen Kupfers täglich absorbiert wurde.
6. Hieraus folgt, dafs die Befürchtung, es könnte aus dem kupferhaltigen Wasser des Flusses Watarase Kupfer durch seitliches Ausströmen in den Boden eine Verderbnis der benachbarten Brunnen bedingen, nicht zu befürchten ist, indem die zwischen Flufs und Brunnen befindlichen Erdschichten hinlänglich grofs sind, um auch in sehr langen Zeitfristen das vom Flufswasser zugeführte Kupfer zurückzuhalten.
7. Dagegen ist die wiederholte und regelmäfsige Bewässerung der Gärten und Felder mit dem kupferhaltigen Wasser insofern ungünstig und bedenklich, als die an sich im Flufswasser vorhandenen geringen Mengen Kupfer

Digitized by Google

bereits in den obersten Bodenschichten der Felder ausgeschieden und gebunden werden. Es werden hierdurch abhängig von der aufgegebenen Wassermenge und der Filtrationsgeschwindigkeit des Bodens die obersten Lagen in hohem Grade kupferhaltig werden, so dafs die Entwicklung und Reifung der Pflanzen in solchem kupferhaltigen Boden beeinflufst und geschädigt werden kann, abgesehen davon, dafs die unter solchen Umständen gewonnenen Nahrungsmittel einen hohen Kupfergehalt aufweisen werden.

8. Die Filtration eines kupferhaltigen Wassers durch Quarzsand und noch zweckmäfsiger durch eine Mischung von Quarzsand und kohlensauren Erden ermöglicht eine weitgehende bis völlige Beseitigung des gelösten Kupfers. Voraussetzung hierbei ist, dafs die kupferhaltigen Abwässer neutral sind.

In den Kupferminen von Ashio werden die Abwässer seit einigen Jahren mit Kalkmilch versetzt und dann in Klärbecken geleitet. Die oberen geklärten Abwässer gelangen dann zu einem Filterbett, aus welchem das abfliefsende Wasser dann direkt in den Flufs Watarase geleitet wird.

Nach Untersuchungen in den Minen von Ashio enthält das filtrierte Abwasser:

| | | | |
|---|---|---|---|
| in Motoyama | 1,26—4,06 mg | Kupfer | in 1 l |
| in Tsudo | 0,25—0,59 mg | » | » |
| in Kotaki | 0,17—0,85 mg | » | » |

Nach meinen Versuchen würde zu prüfen sein, ob es nicht vorteilhafter wäre, die neutralen kupferhaltigen Abwässer durch hinreichend grofse Sandfilter von ihrem Kupfergehalte zu befreien.

Obgleich ich in meinen Versuchen mit der relativ grofsen Geschwindigkeit von 0,3 mm pro Minute durch eine sehr geringe Sandmenge filtrierte, war es möglich, mehrere Monate lang eine nahezu kupferfreie Lösung im Filtrate zu erhalten.

Digitized by Google

Es ist sehr wohl möglich, dafs auch die kupferhaltigen Abwässer des Minenwerks in Ashio durch hinreichend grofse und sachgemäfs ausgeführte Filteranlagen von den letzten Spuren Kupfer aus dem Abwasser befreit werden können, insbesondere wenn ein Filtermaterial angewendet wird, welches bestimmte Mengen von kohlensauren Erden enthält. Die Ausscheidung des Kupfers auf solchen Filteranlagen würde den Vorteil haben, dafs das gefällte Kupferoxyd in dichten Massen, teils auf dem Filter, teils in den obersten Schichten des Filters gebunden bleibt, so dafs die weitere Aufarbeitung und Verwertung des angesammelten Kupfers technisch erleichtert sein würde.

Zum Schlufs spreche ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. Hofmann für die Überlassung des Materials und die gütige Leitung meinen herzlichsten Dank aus.

---

Digitized by Google

# Eine Differentialfärbung von Typhusbazillen in Schnitten.

Von

Prof. **H. Bonhoff.**

**(Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie in Marburg.)**

Infolge der Gramnegativität des Typhusbazillus bereitet der Nachweis desselben in Schnitten der Milz oder Mesenterialdrüsen besonders dem Anfänger nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Eine Methode, die gestatten würde, diese Herde des Eberthschen Bazillus leichter aufzufinden, als das bisher in dem mit einer einfachen Farbe behandelten Schnittpräparat der Fall ist, wäre besonders für Kursuszwecke mit Freuden zu begrüfsen. Da ich über einige Stücke Milz einer Typhusleiche verfüge, die (nach 24stündigem Aufenthalt bei 37° vor der Härtung) fast in jedem Schnitt mehrere Herde von Typhusbazillen beherbergen, so waren verhältnismäfsig wenig Schwierigkeiten zu überwinden und vor allem nicht allzuviel Geduld bei der Ausarbeitung einer solchen Methode erforderlich.

Zunächst versuchte ich, mit einer Mischung von Eosin und Methylenblau eine Färbung des Gewebes in der einen, der Bazillen in der anderen Farbe zu erhalten. 1 proz. Lösungen beider Farbstoffe, in heifsem destilliertem Wasser hergestellt, wurden derart gemischt, dafs zu sechs Tropfen der 1 proz. Eosinlösung 5 ccm destillierten Wassers und dazu 6—12 Tropfen der 1 proz. Blaulösung gesetzt wurden. Nach gründlicher Durchmischung wurde etwas von dem Gemisch auf den auf dem

Digitized by Google

Objektträger befindlichen Schnitt gebracht und verschieden lange Zeit, nicht unter ½ Stunde, einwirken gelassen. Nachher wurde der Schnitt in gewöhnlicher Weise mit Essigsäure, Alkohol, Anilin-Xylol, Xylol weiter behandelt und in Balsam eingebettet.

Wie vorauszusehen, waren die Resultate bei diesem Verfahren zwar etwas bessere, die Bilder übersichtlicher und die Typhusherde leichter zu finden als bei Schnittfärbung mit nur einer Farbe. Zwischengewebe und Protoplasma der Zellen waren eben kräftig mit Eosin rosa gefärbt. Aber nicht nur die Bazillenherde, auch die Kerne hatten natürlich den blauen Farbstoff intensiv aufgenommen. Man kann nun zwar mit schwacher Vergröfserung den Fremdlingsherd bei einiger Übung sofort zwischen den Kernen heraus erkennen, zumal wegen seiner bedeutenderen Gröfse und seiner unregelmäfsigen Gestalt. Das Verfahren leistet aber nicht das, wonach ich trachtete, eine völlig distinkte Färbung des Gewebes einerseits, der Bakterien anderseits.

Vielleicht liefs sich mit Hilfe der durch Alkalien bei höherer Temperatur im Methylenblau hervorzurufenden dritten Farbe, des Methylenazurs, eine Differenzierung erreichen. In demselben Verhältnis, wie oben angegeben, gemischte Farben, bei denen das Blau zum Teil in Azur verwandelt war (Chloroformprobe), ergaben indes kein anderes Resultat, als mit Eosin und Blau allein erhalten war, mit dem Unterschiede, dafs Gewebskerne und Bakterien mehr violett als rein blau gefärbt waren. Auch Variationen in der Zusammensetzung der Farben, in der Dauer ihrer Einwirkung, in der Art der Differenzierungsflüssigkeiten liefsen einen besseren Erfolg nicht eintreten.

Versuche, durch Zusatz von Substanzen, die eine spezifische Verwandtschaft mit dem Typhusbazillus besitzen, zu der Bakterienfarbe vor der Mischung mit dem Eosin eine stärkere Bindung des Blau an die Typhusherde zu erreichen, eine Bindung, die auch einer Entfärbungsflüssigkeit standhalten müfste, welche den Kernen des Gewebes den Farbstoff sicher entzog, schlugen ebenfalls fehl. Es standen verschieden hochwertige Sera einer gegen Typhusbazillen allmählich hochgradig immunisierten Ziege zur Verfügung, die immer gleich nach Abscheidung des Blut-

Digitized by Google

kuchens zur Färbung benutzt wurden. Das wirksamste Serum agglutinierte (mikroskopisch) Typhusbazillen einer 24 stündigen Bouillonkultur noch in einer Verdünnung von 1 : 10000. Von den Seris wurden zur Methylenblau-Verdünnung 1 : 100 verschiedene Mengen, 1—10% zugesetzt und bis zu 24 Stunden auf dieselbe einwirken gelassen, ehe das Blau mit dem Eosin vermischt wurde. Zur Kontrolle wurden immer gleiche Mengen normalen, von nicht immunisierten Tieren stammenden Ziegenserums ebenfalls zu einer 1 proz. Methylenblaulösung zugesetzt, das Gemisch in genau gleicher Weise weiterbehandelt und an Schnitten geprüft. Das Resultat war ein völlig negatives, da sich irgend ein wesentlicher Unterschied in der Wirkung der Farbflüssigkeiten mit spezifischem Serum und derer mit normalem niemals feststellen liefs. War einmal etwas Derartiges festzustellen, so fiel der günstigere Effekt immer eher auf die Seite des Gemisches mit normalem Serum. Die Färbungserfolge mit diesen Gemischen heben sich aber deutlich ab von den Färbungen, welche mit den Farblösungen allein, ohne Zusatz des Serums, erhalten wurden. Die mit Farbe und Serum behandelten Schnitte waren immer viel kräftiger gefärbt, auch widerstandsfähiger gegenüber der Differenzierungsbehandlung, vor allem gegen Säuren und Alkohol. Die Resultate waren demnach, besonders hinsichtlich der Haltbarkeit der Präparate, bessere. Dieser Vorteil ist wohl allein auf die Erhöhung der Alkaleszenz der Gemische durch den Serumzusatz zurückzuführen und würde sich vermutlich mit irgend einem anorganischen Alkali ebenso gut erreichen lassen. Eine Differentialfärbung von Kernen und Bakterien war auch mit diesen Versuchen nicht erzielt.

Es schien nun noch lohnend, für den angegebenen Zweck eine weitere Methode zu versuchen, die zur Doppelfärbung der Gonokokken und Eiterzellen des Trippersekretes von Pick und Jacobsohn schon vor mehreren Jahren angegeben und, wie ich mich überzeugt habe, für Differentialfärbung der Gonokokken in ausgezeichneter Weise zu verwenden ist. Die Methode besteht bekanntlich darin, zwei basische Anilinfarben, und zwar 15 Tropfen Ziehlscher Lösung und 8 Tropfen gesättigter alkoho-

Digitized by Google

lischer Methylenblaulösung in 20 ccm destillierten Wassers zu lösen und einige Tropfen des Gemisches kalt 10 Sekunden lang auf die Deckglaspräparate einwirken zu lassen. Dieselbe Farblösung habe ich auch verwendet, um eine Differentialfärbung der Typhusbazillen in Schnitten zu erhalten. Da es sich um Schnitte handelte, liefs ich das Gemisch entsprechend längere Zeit, nicht unter einer Viertelstunde, und auch kalt einwirken. Bei dieser Behandlung und gewissen Veränderungen hinsichtlich der Zusammensetzung der Flüssigkeit (etwas weniger Blau) zeigte sich der Schnitt immer gleichmäfsig violett gefärbt, beide Farben waren gleichmäfsig von dem Gewebe und den Bakterien aufgenommen.

Es ist nun aber sehr leicht möglich, mit diesem von Pick und Jacobsohn angegebenen Farbengemisch gute Bilder mit völlig differenter Färbung der Bakterien und des Gewebes zu erhalten. Nur eine geringe Veränderung der Technik ist nötig. Bekanntlich empfiehlt es sich im allgemeinen nicht, Schnitte zu erhitzen oder mit erwärmten Farblösungen zu behandeln, weil dadurch die Struktur des Gewebes leicht ganz verloren geht. Wenn man indes die Erwärmung nicht zu hoch treibt, das warme Farbgemisch nur ganz kurze Zeit einwirken läfst, so geht von der Gewebszeichnung gar nichts verloren, dazu tritt die stärkere Affinität der Bakterien zu dem Methylenblau, des Gewebes zu dem Fuchsin bei der höheren Temperatur deutlich hervor.

Demgemäfs empfiehlt sich folgendes Vorgehen: Der Schnitt kommt aus absolutem Alkohol auf den Objektträger, wird gewässert und in der Mitte des Glases fixiert. Jetzt läfst man ca. fünf Tropfen des frisch bereiteten Farbengemisches — nicht ganz, wie es Pick und Jacobsohn angegeben haben, sondern nur 4 gtt gesättigter alkoholischer Methylenblaulösung zu 15 gtt Ziehl und 20 ccm destillierten Wassers — zunächst etwa 2 Minuten kalt auf den Schnitt einwirken. Sodann wird einmal über dem klein gedrehten Gasbrenner solange erwärmt, bis deutlich Dämpfe aufsteigen; dann wird sofort der Objektträger von der Flamme entfernt, der Farbstoff abgegossen, mit Wasser nachgespült und nun in gewöhnlicher Weise die Differenzierung

Digitized by Google

mit 1 proz. Essigsäure vorgenommen. Die Essigsäure entfernt, wie der Augenschein lehrt, nur blauen Farbstoff aus dem Schnitt. Es folgt Wasserspülung. Die Entwässerung macht man nicht mit absolutem Alkohol, weil dadurch beträchtliche Mengen Karbolfuchsin dem Schnitte entzogen würden; sondern (nach oberflächlichem Trocknen des Schnittes durch Fliefspapier) mit mehreren Portionen Anilin : Xylol āā hintereinander, die man zusammen mindestens einige Minuten einwirken läfst. Auch damit wird nur Methylenblau entfernt.

Wenn der Schnitt nach Xyloleinwirkung in Balsam unter dem Deckglase liegt, ist er in toto leuchtendrot gefärbt, auch die Kerne des Gewebes. Sind Herde von Typhusbazillen vorhanden, so sieht man dieselben schon bei schwacher Vergröfserung als intensiv himmelblau gefärbte Stellen verschiedenster Gröfse und Umgrenzung in dem roten Gewebe liegen. Ich habe mich davon überzeugt, dafs alle diese blauen Stellen aus Bazillenherden bestehen. Höchst selten sind einmal blaue Flecke vorhanden, die nicht Typhusherde sind, sondern aus Leinwandfasern, gefärbten Staubpartikelchen u. dgl. bestehen, die aber selbst der Anfänger nicht für Typhusherde halten wird. Die Erleichterung der Auffindung von Typhusbazillen ist besonders für den Anfänger beträchtlich. Das Verfahren hat sich auch in meinem letzten Kursus für jedermann als sehr leicht ausführbar erwiesen.

———

Digitized by Google

# Über die Identität des Loefflerschen Mäusetyphusbazillus mit dem Paratyphusbazillus des Typus B.

Von

Prof. **H. Bonhoff** (Marburg a/L.).

Seitdem Loeffler im Jahre 1892 zum ersten Male seinen Mäusetyphusbazillus in der Praxis zur Bekämpfung der Feldmausplage in Thessalien versucht hat, ist in unzähligen, zum Teil sehr ausgedehnten Experimenten mit wechselndem Erfolge eine Aussaat des genannten Mikroorganismus zum gleichen Zwecke unternommen worden. Dabei ist gewifs sehr häufig, besonders wenn Laien, wie wohl zumeist geschehen ist, die Bereitung der Bakterienkultur und die Abschwemmung derselben, sowie die Infektion der Brotstückchen ausführten, ein Haftenbleiben der Loefflerschen Bazillen an den Händen, eine Übertragung auf Nahrungsmittel und auf diesem oder einem etwas anderen Wege ein Hineingelangen der Mikroben in den menschlichen Darm erfolgt. Wer die Gebrauchsanweisung, wie sie z. B. die Firma Schwarzlose den Reinkulturen des Loefflerschen Bazillus beilegt, durchliest, dem mufs sich die Notwendigkeit der »Darminfektion« des Menschen, der auf die vorgeschriebene Weise manipuliert, von selbst aufdrängen. Zur Erläuterung seien folgende Sätze aus der »Belehrung für den Gebrauch« wörtlich angeführt:

»Mit der abgekühlten, höchstens lauwarmen Flüssigkeit — (NaCl-Lösung) — fülle man das Kulturröhrchen nach Entfernung

Digitized by Google

des Wattepfropfens zu etwa $^{2}/_{3}$ an, lockere mit Hilfe eines Holzstäbchens oder sonstigen passenden Gegenstandes durch Hin- und Herfahren auf der Oberfläche den Überzug, schüttele tüchtig mit aufgelegtem Daumen, damit die gröfseren Flocken des Überzuges sich zerteilen, entleere dann den ganzen Inhalt des Röhrchens in die Kochsalzlösung und spüle das Röhrchen mehrmals damit aus. Die aus dem Reagensglase entleerten gröfseren, nicht zerteilten Stücke zerdrücke man mit der Hand in der Flüssigkeit und verteile sie durch Umrühren in derselben. . . . Die Würfel — (Brotes) — werden in den Kessel geworfen und mit den Händen mehrmals darin untergetaucht, damit sie sich gehörig vollsaugen. . . . Der Arbeiter wirft auf dem Felde in jedes Mauseloch ein Stück Brot hinein . . .« etc.

Trotz gewifs häufigster Befolgung dieser Vorschrift hat bisher in zwölf Jahren ausgedehntesten Gebrauches und starker, künstlicher Verbreitung des Mäusetyphusbazillus in der unmittelbaren Umgebung des Menschen niemals etwas von einer Schädlichkeit des Mikroben für den Menschen verlautet. Erst in allerjüngster Zeit hat Trommsdorff auf dem Brüsseler Internationalen Kongrefs und ausführlich in der Münchener medizin. Wochenschrift vom 1. Dezember 1903 (Nr. 48, S. 2092 ff.) über eine Beobachtung berichtet, die zwar nicht den Beweis für die Pathogenität des Mäusetyphusbazillus für den Menschen erbringt, aber immerhin geeignet ist, wegen der auffallenden Verbindung von Mäusebekämpfung mit Darmerkrankungen der dieselbe ausführenden Menschen an dieser Stelle referiert zu werden. Es handelt sich um Erkrankungen an Erbrechen und heftigen Durchfällen, die im Anfang Mai 1903 in einigen München benachbarten Ortschaften auftraten. »Einer der Erkrankten starb. Der behandelnde Arzt vermutete nun, da seine sämtlichen bezüglichen Patienten mit dem Legen resp. Verteilen von »Mäusegift« zu tun gehabt hatten, dafs das zur Verwendung gekommene, wahrscheinlich verunreinigte Präparat in ursächlichem Zusammenhange mit den Erkrankungen stünde . . . .« »Von 13 verdächtigen Erkrankten kamen nur 9 in direkte Berührung mit dem Gift, d. h. besorgten das Legen und Verteilen desselben; drei andere Erkrankte waren

Digitized by Google

mit solchen Personen in gemeinschaftlicher Wohnung und Ernährung, und der 13. hatte nur an dem Gift »gerochen«. Andere und zwar viele Personen, die mit dem Gift direkt zu tun hatten, sind **nicht** erkrankt.

Die Erkrankungen traten fast sämtlich zwei Tage, nachdem die betr. Personen mit dem Mäusegift zu tun hatten, auf und waren meist einfache Diarrhöen leichter Natur von 2—7 tägiger Dauer (2—8 Stühle täglich); nur 3—4 Fälle, bei denen auch vorübergehend Erbrechen auftrat, waren als mittelschwer, aber bei geeigneter Behandlung und Diät als ganz ungefährlich zu bezeichnen: Cholera nostras.

Dazu kommt der eine Todesfall, der auf eine mifsliche Verkettung von allerlei Umständen zurückgeführt wird (grobe Diätfehler und Alkoholexzesse tags zuvor bei einem angeblich an »Lungensucht« leidenden, im letzten Jahre abgemagerten und schwach gewordenen Mann, dessen drei Brüder angeblich an »Lungensucht« starben).

Ein Mann, der nachweislich drei Bissen des infizierten Brotes gegessen, erkrankte nur ganz leicht an Durchfällen.

Bei fast sämtlichen Erkrankten konnten schwere Diätfehler kurz vor der Erkrankung nachgewiesen werden, und ähnliche Epidemien von Magendarmkatarrhen sollen zur Sommerszeit in der »stark biertrinkenden Gegend« nicht zu den Seltenheiten gehören. So behandelte der kgl. Bezirksarzt selbst, zur Zeit als die verdächtigen Erkrankungen vorkamen, in Ortschaften, die gar nichts mit dem Gifte zu tun hatten, zehn Fälle an »ganz den nämlichen Störungen«. Seiner Ansicht nach kann daher in keinem einzigen der Fälle auch nur mit annähernder Wahrscheinlichkeit das Mäusegift (also der Loefflersche Bazillus), wohl aber in allen Fällen unrichtige Diät als Ursache der Erkrankungen bezeichnet werden.«

Trommsdorff hat aus zweien Stühlen Bazillen isoliert, die sich mäfsig reichlich auf den Platten fanden, und welche morphologisch, biologisch, im Tierversuch und im Agglutinationsversuch mit spezifischem Serum sich als Mäusetyphusbazillen auswiesen.

Digitized by Google

Er hat dann auch das Blut der lebend gebliebenen zehn Erkrankten und zur Kontrolle das Blut von fünf gesunden Personen auf die Agglutinationsfähigkeit gegenüber echten, von Loeffler erhaltenen Mäusetyphusbazillen untersucht und bei sechs der Erkrankten eine als positiv, zum Teil als stark zu bezeichnende Wirkung des Serums gefunden. Er meint, die Tatsache, dafs sich der Mäusetyphusbazillus im Darme des Menschen so üppig vermehre, fordere zu grofser Vorsicht bei Verwendung der Kulturen und sorgfältiger Überwachung seiner Anwendung in der Zukunft auf.

Im Hinblick auf diese Mitteilung Trommsdorffs wird es sich empfehlen, die älteren Mitteilungen über direkte Versuche am Menschen sich ins Gedächtnis zurückzurufen, welche in Loefflers Gegenwart von einigen griechischen Herren am eigenen Körper vorgenommen wurden, um den thessalischen Bauern die Ungefährlichkeit der neuen Methode der Mäusebekämpfung ad oculos zu demonstrieren. Loeffler schreibt darüber[1]): Einzelne der Herren, welche das Brot an die Bauern verteilten, afsen vor den Augen derselben Stücke des infizierten Brotes, um dessen Unschädlichkeit für den Menschen selbst darzutun. Versuche am Menschen hatte ich naturgemäfs vorher mit dem Bazillus nicht angestellt; ich hatte nur meine Ansicht dahin geäufsert, dafs ich irgend welche Schädigungen des Menschen durch den Bazillus nicht für wahrscheinlich hielt. Diese Äufserung hatte aber genügt, um meine von dem regsten Eifer für die Sache erfüllten Begleiter zu veranlassen, ohne weiteres zur Beruhigung der Bauern Efsversuche an sich selbst vorzunehmen. Im übrigen dienten sozusagen wir alle, die wir mit der Imprägnierung des Brotes, ebenso wie auch die Bauern, welche mit der Verteilung desselben zu tun hatten, als Versuchsobjekte, da von einer sorgfältigen Desinfektion der Hände und namentlich der zum Transport verwendeten Körbe nicht die Rede sein konnte. Alle diese zahlreichen, an Menschen und Tieren angestellten Versuche haben, wie ich auch nach meinen

1) Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk., XII, 1892, S. 12/13.



Digitized by Google

diesbezüglichen Versuchen mit Zuversicht erwarten durfte, die völlige Unschädlichkeit des Bazillus zur Evidenz erwiesen. Der Bazillus ist eben vom Digestionstraktus aus nur für Haus- und Feldmäuse pathogen.«

Diese Anschauung Loefflers findet jedenfalls eine bestätigende Bekräftigung in der eingangs erwähnten Tatsache, daſs es bisher mit Ausnahme des Trommsdorffschen Falles trotz stärkster Verbreitung der Loefflerschen Bazillen nicht zu Erkrankungen des Menschen gekommen ist, wenigstens nicht an Typhus. Und es müſste wiederholentlich zu kasuistischen Mitteilungen, ähnlich derjenigen Trommsdorffs kommen, ehe dieser Glaube an die Ungefährlichkeit des Loefflerschen Bazillus für den Menschen erschüttert würde. Wenn ich trotzdem im folgenden einer etwas gröſseren Vorsicht in der Verwendung des Loefflerschen Bazillus das Wort reden werde, so stützt sich diese meine Auffassung, wie ich gleich vorweg bemerken will, nicht auf irgend welche Beobachtungen in der Praxis, eigene oder fremde, sondern lediglich auf eine Anzahl experimenteller Untersuchungen, über die ich zum Teil schon auf der Kasseler Naturforscherversammlung berichtet habe. Es handelt sich dabei um vergleichende Untersuchungen, die mir eine völlige Identität des Loefflerschen Bazillus mit dem Kurth-Schottmüllerschen Paratyphusbazillus »B« ergeben hatten.

Zu diesen Experimenten war ich durch folgendes zufällige Zusammentreffen angeregt worden. Wie Dr. Siebert im 34. Bande des Centralbl. f. B. u. P., I. Abt. Originale, mitgeteilt hat, war es ihm bei einer Arbeit in meinem Laboratorium gelungen, durch intravenöse Impfungen von Kaninchen mit steigenden Dosen auf 60° C erwärmter Kulturen des Loefflerschen Bazillus ein Serum zu erhalten, das sich bei der Prüfung gegenüber einer Anzahl coliähnlicher Bakterienarten als spezifisch für den Mäusetyphusbazillus erwies, mit der Ausnahme, daſs auch der Paratyphusbazillus B. Schottmüller, und zwar durch gleich niedrige Serummengen, wie der Loefflersche Bazillus selbst, agglutiniert wurde. Gleichzeitig war Dr. Boediker mit einer Untersuchung darüber beschäftigt, ob eine von mir aus einem

Digitized by Google

Brunnen des Dorfes Caldern bei Marburg erhaltene und im C. f. B. beschriebene Stäbchenart als identisch mit Paratyphusbazillen aufzufassen sei. Die Untersuchung, die den Entscheid über diese Frage ebenfalls durch Gewinnung spezifischer Sera und den Agglutinationsausfall anstrebte, hat gezeigt, dafs der Bazillus Caldern mit Paratyphusbazillen ebensowenig wie mit Typhusbazillen identisch ist. Sie hat aber auch ergeben, dafs das Blutserum von Kaninchen, die mit Paratyphusbazillus B vorbehandelt sind, unter allen geprüften anderen Bakterienarten nur den Mäusetyphusbazillus Loefflers in etwa denselben Verdünnungsverhältnissen agglutinierte, wie den zur Vorbehandlung der Kaninchen verwendeten Bazillus selber. Diese beiden Resultate, erhalten von völlig unabhängig voneinander arbeitenden Personen, mufsten zu einer genauen Nachprüfung der ja auch praktisch nicht unwichtigen Frage führen, ob tatsächlich völlige Identität zwischen dem Paratyphusbazillus B und dem Mäusetyphusbazillus bestehe. Die Prüfung hat sich selbstverständlich auf sämtliche Eigenschaften der beiden genannten Bakterienarten erstreckt.

In meinem Vortrage in Kassel habe ich als Resultat dieser von mir vorgenommenen Prüfung etwa Folgendes mitgeteilt:

Das morphologische Verhalten der aus verschiedenen Quellen, von Schwarzlose und Král frisch erhaltenen, sicheren Reinkulturen der beiden Mikroben läfst irgend eine Differenz nicht auffinden. Die auftretenden Formen, einzeln oder in Verbänden, die Gröfse derselben, die Eigenbewegung, die Anzahl der färbbaren Geifseln, ferner der Sporenmangel, das Auftreten stärker lichtbrechender Gebilde an den Polen bei Züchtung auf Kartoffeln, alle diese Dinge sind beiden Arten gleichmäfsig zukommend. Auch bezüglich der Färbbarkeit bestehen keine Unterschiede: Gramnegativität, Körnchenfärbung an den Polen bei Kartoffelkulturen beider Arten.

Die Prüfung des biologischen Verhaltens liefs ebenfalls keine Unterschiede hervortreten, die von ausschlaggebender Bedeutung gewesen wären. Die Paratyphusbazillen nehmen bekanntlich eine Mittelstellung zwischen den Typhusbazillen und den Coliarten ein, charakterisiert durch negative Indolreaktion, Nicht-



Digitized by Google

ausscheidung des Milchkaseins einerseits, durch Vergärung des Traubenzuckers und Farbenveränderung des Neutralrots anderseits. Die Unterschiede der beiden Arten von Paratyphusbazillen, als A und B bezeichnet, treten hauptsächlich bei Züchtung in Milch, in Lackmusmolke und auf geeigneten Kartoffeln hervor. Während Paratyphusbazillus A sich in seinem Wachstum auf diesen drei Nährböden völlig analog dem Typhusbazillus verhält, also die Milch überhaupt nicht verändert, Lackmusmolke gar nicht rötet, demnach keine Säure bildet und auch auf geeigneten Kartoffeln, d. h. auf solchen, die bei Beimpfung mit Bact. coli Oberflächenwachstum zeigen, einen sichtbaren Rasen nicht erzeugt, ist bekanntlich das Charakteristische des Wachstums des Paratyphusbazillus B die Aufhellung der Milch nach längerem Aufenthalt bei 37°, die anfangs starke Säurebildung, gefolgt von starker Alkalibildung in Lackmusmolke und ein sehr kräftiges Oberflächenwachstum auf Kartoffeloberflächen, die dem mit darauf geimpften Eberth-Gaffkyschen Bazillus nur Tiefenwachstum gestatten.

Die Loefflerschen Mäusetyphusbazillen verhielten sich bei der Vergleichung genau wie Paratyphusbazillus B: Indolreaktion negativ, Milch nicht gerinnend, Vergärung des Traubenzuckers, nicht des Milchzuckers (auf »Drigalski« blaue Kolonien), Neutralrot verfärbt; bei längerem Aufenthalt im Brutschrank wird die Milch genau gleichmäfsig wie bei dem mit Paratyphusbazillus B beimpften Röhrchen aufgehellt; auf Kartoffeln gibt es einen kräftigen Oberflächenbelag, Lackmusmolke wird zunächst gesäuert und dann eher als bei Paratyphusbazillus B, auch stärker alkalisch; auf allen anderen noch einmal geprüften Nährböden keine Unterschiede. Die Übereinstimmung des biologischen Verhaltens ist also eine so vollständige, als man überhaupt erwarten kann. Auch ist sie bei allen drei, aus verschiedenen Quellen bezogenen Kulturen des Loefflerschen Bazillus vorhanden.

Demnächst war das pathogene Verhalten der beiden Mikroben miteinander zu vergleichen. Es geschah dies nur bei weifsen Mäusen und Meerschweinchen. Weifse Mäuse erkranken bekanntlich nach Fütterung mit Loefflerschen Bazillen am

Digitized by Google

4. bis 5. Tage und gehen ca. 7 bis 14 Tage nach der Fütterung zugrunde, mit typischen Veränderungen im Dünndarm, die meist von Blutungen in den Darm begleitet sind. Kurth gibt an, dafs er bei Fütterung mit Paratyphusbazillen bei weifsen Mäusen nie eine Erkrankung habe erzeugen können. Es war also zu erwarten, dafs hier eine Abweichung in dem Verhalten beider Arten sich werde feststellen lassen. Zu meinem Erstaunen gingen indessen meine mit Paratyphusbazillus gefütterten Mäuse in derselben Zeit und mit denselben Erscheinungen ein, auch mit deutlichen Darmblutungen, wie sie Loeffler für den Mäusetyphus beschrieben hat. Diese Versuche, an 12 weifsen Mäusen angestellt, die in demselben Prozentsatz, wie mit Loefflerschen Bazillen Gefütterte der Infektion erlagen, sind indessen zu wiederholen, besonders im Hinblick auf Kurths negativen Befund, ehe man in der Lage sein wird, Schlüsse zu ziehen.

Noch eine weitere zur Prüfung auf pathogenes Verhalten angestellte Versuchsreihe darf ich kurz anführen: Meerschweinchen, mit minimalen Dosen frischer Agarkulturen der einen oder der anderen Bakterienart intraperitoneal geimpft, starben innerhalb 24 bis 48 Stunden an Peritonitis und zeigten neben den für letztere charakteristischen Veränderungen eine intensive Braunrotfärbung der Nebennieren, wie sie für die subkutan erfolgte Vergiftung dieser Tiere mit Diphtheriegift oder -bazillen charakteristisch ist. Bei Vergleichsimpfungen mit echten Typhusbazillen und Paratyphusbazillus A liefs sich eine solche Veränderung der Nebennieren nie feststellen.

Mag man allen diesen Prüfungen nun grofse oder geringe Beweiskraft zumessen, das Wichtigste für eine Vergleichung der beiden Mikrobenarten war jedenfalls die Feststellung ihres Verhaltens gegenüber spezifischem Serum in bezug auf Agglutination und Bakterizidie.

Zur Erzeugung spezifisch agglutinierenden Serums war eine Anzahl Kaninchen intravenös mit steigenden Dosen auf 60° C eine Stunde lang erwärmter Agarkulturen einer der beiden Mikrobenarten behandelt worden. 14 Tage nach der letzten, meist der sechsten Einspritzung, bei der 10—12 ganze Agarkulturen

Digitized by Google

verimpft waren, wurde aus der Carotis Blut entnommen und das Serum sowohl der mit Mäusetyphus, als der mit Paratyphusbazillus B geimpften Kaninchen auf Agglutination gegenüber beiden Bakterien geprüft. Es ist mir nicht möglich gewesen, bei diesen Versuchen wesentliche Unterschiede festzustellen. Wohl kam es vor, dafs die stärkeren Verdünnungen des Serums die zur Immunisierung der Kaninchen verwendete Bakterienart etwas schneller bzw. schon bei Zimmertemperatur agglutinierten, während bei der »fremden« Bakterienart die Verklumpung erst nach etwa $^1/_2$ stündigem Aufenthalt im Brutschrank deutlich wurde. Aber auch das Umgekehrte, dafs die »fremde« Art leichter und schneller spezifisch beeinflufst wurde, trat zuweilen ein. Jedenfalls waren die Verdünnungsgrade, bei denen noch eine Wirkung sich zeigte, und die Art der Wirkung bei den verschiedenen Verdünnungen genau die gleichen bei beiden Serum- und Bakterienarten.

Um ganz sicher zu gehen, um bei diesen zu einer Gruppe gehörigen und natürlich vielerlei Verwandtschaftliches bietenden Mikrobien den Einwand womöglich auszuschliefsen, dafs wohl nur eine Anzahl von »Rezeptoren« beiden Arten gemeinsam sei, daneben aber differente Gruppen solcher in genügender Anzahl sich bei schärferer Prüfung nachweisen lassen würden, hatte ich mit jeder der beiden Serumarten in einem Falle den sogenannten Castellanischen Versuch ausgeführt, d. h. die betreffende Serumverdünnung mit der spezifischen Bakterienart bis zum Ausbleiben der Verklumpung abgesättigt und dann nach Zentrifugieren zu der klaren Flüssigkeit die »fremde« Art zugesetzt. In beiden Versuchen war auch bei mehrstündigem Aufenthalt im Brutschrank eine Verklumpung der »fremden« Bakterienart nicht eingetreten; mit den für die zugehörige Art spezifisch agglutinierenden Substanzen waren auch die die »fremde« Art verklumpenden verschwunden. Anders ausgedrückt, nicht nur ein Teil, sondern sämtliche »Rezeptoren« mufsten bei den beiden Mikrobenarten identisch sein.

Endlich hatte ich auch bezüglich des letzten Punktes, der spezifischen Bakterizidie, bereits in Kassel über positive Befunde, d. h. über Identität beider Mikrobien berichten können.

Digitized by Google

Der Pfeiffersche Versuch, an Meerschweinchen mit den nötigen Kontrollen unternommen, hatte bei beiden durch subkutane Impfung von Kaninchen mit steigenden Dosen lebender Kulturen erhaltenen Serumarten Auflösung der Bakterien in der Bauchhöhle der Versuchstiere ergeben, gleichgültig welche Bakterienspezies dem Serum zugefügt wurde.

Im Anschlufs an die Mitteilung dieser Experimente hatte ich dann in Kassel betont, dafs, falls diese Versuche Bestätigung von anderer Seite erfahren sollten, es ratsam sei, die bisherige sorglose Verbreitung des Mäusetyphusbazillus aufzugeben. Sollte sich wirklich völlige Identität zwischen den Bazillen des Mäusetyphus und dem Paratyphusbazillus B herausstellen, so sei von seiten der Behörden die Bekämpfung der Feldmausplage mit Loefflerschen Bazillen zu verbieten.

In der Diskussion zu diesem Vortrage hat Herr Kollege Petruschky (Danzig) betont, dafs doch die Möglichkeit vorliege, dafs es sich bei dem Loefflerschen Mäusetyphusbazillus um eine für den Menschen nicht pathogene Abart des Paratyphusbazillus handle, und dafs es wohl wünschenswert sei, die glücklich inaugurierte Bekämpfung der Mäuseplage mit Bakterien, eine Bekämpfungsart, die so gute Erfolge gezeitigt habe, nicht ohne Grund fallen zu lassen.

In Beantwortung dieses Einwandes habe ich dann, damals noch ohne Kenntnis der Trommsdorffschen Brüsseler Mitteilung, die Möglichkeit offen halten zu müssen geglaubt, dafs ein wenn auch nur sehr geringer Prozentsatz menschlicher Individuen wenigstens zu Zeiten eine gewisse Empfänglichkeit für die Infektion mit Mäusetyphusbazillen vom Darme aus besitze. Auch mochte ich nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dafs die Erfolge in der Bekämpfung der Mäuseplage mit Loefflerschen Bazillen nicht überall gleich gute gewesen seien, wie aus verschiedenen von anderer Seite erfolgten Mitteilungen hervorgehe; und dafs ich selbst diesen Mifserfolg nach zwei in der Umgebung Marburgs regelrecht angestellten Versuchen, bei denen auch nicht eine tote Maus gefunden wurde, bestätigen könne. Die Gefahr, ein wirksames Mittel zur Bekämpfung der Mäuseplage

Digitized by Google

durch das von mir vorgeschlagene Verbot zu verlieren, sei also nach meinen Erfahrungen nicht eben eine grofse zu nennen.

In der seit dieser Mitteilung vergangenen Zeit sind aufser den Veröffentlichungen Trommsdorffs eine Anzahl von Arbeiten bekannt geworden, die sich mit der Stellung des Paratyphusbazillus B in der Gruppe der sogenannten coli-ähnlichen Bazillen und mit seiner Verwandtschaft mit anderen zu dieser Gruppe gehörigen Bakterienarten beschäftigen. Danach gibt es noch andere Mikroben, die sich weder biologisch, noch mit Hilfe spezifischen Serums von dem Paratyphusbazillus B differenzieren lassen. Es handelt sich um den oder die Mikroorganismen, die als Ursache der choleriformen Fleischvergiftungen längst erkannt worden sind und als deren typischer Vertreter der von Gaertner beschriebene Bazillus der Frankenhäuser Fleischvergiftung, der Bacillus enteritidis, zu gelten hat. Auf die etwas älteren hierher gehörigen Arbeiten will ich nicht näher eingehen. Wohl aber mufs ich mich mit zwei Autoren beschäftigen, deren Veröffentlichungen jüngst die Identität der Fleischvergifter und des Paratyphusbazillus B zur Evidenz erwiesen haben. Ich meine Trautmann und Schottmüller. Ersterer hat bei einer Epidemie von Fleischvergiftungen in Düsseldorf (im November 1901) ein sehr bewegliches Kurzstäbchen aus der Milz eines an der Erkrankung gestorbenen Knaben isoliert, das er in biologischer sowie pathogenetischer Hinsicht, auch in bezug auf Giftwirkungen und Hitzebeständigkeit der Gifte, ferner in seiner Agglutinierbarkeit durch spezifisches Serum mit den ihm zur Verfügung stehenden Reinkulturen der bekanntesten Fleischvergifter und mit Paratyphusbazillen verglichen hat. Das Resultat seiner Untersuchung ist die Vereinigung der Bakterien der choleriformen Fleischvergiftung und des Paratyphus (also auch Typus A) in einer Spezies, die den Namen Bacillus paratyphosus erhalten soll. In diese Spezies gehören nach Trautmann fünf Varietäten:

1. Enteritidis (Frankenhausen, Morseeler, Haustedt, Hamburg),
2. Breslariensis (Kaensche, Breslau; Günther, Posen; Lochmann, Giefsen; Trautmann, Düsseldorf),

3. Paratyphusbazillus B (Schottmüller, Saarbrückener),
4. Morbificans (Basenau),
5. Paratyphusbazillus A (Brion-Kayser).

Versuche über spezifische Bakteriolyse hat Trautmann aus Mangel an Tieren nicht angestellt. Er erwähnt, dafs Fischer bei solchen Experimenten ein negatives Resultat hatte.

Schottmüller beschreibt drei Fälle von »Cholera nostras«, — von denen ich übrigens klinisch nur den ersten, dessen Serum leider nicht untersucht wurde, als einheimischen Brechdurchfall anerkennen kann — bei denen er aus den Erkrankten Reinkulturen ein- und derselben Bakterienart isolierte, die sich, auch hinsichtlich ihrer giftigen Stoffwechselprodukte und der Hitzebeständigkeit der Gifte wie Bac. enteritidis Gaertner verhielten. Bei zweien seiner Fälle erhielt er Blut zur Agglutinationsprobe. Dasselbe agglutinierte die von Schottmüller isolierten Kulturen, ferner Paratyphusbazillus B und die Bakterien der Enteritidisgruppe (Gaertner, Kaensche, Günther), nicht aber Typhusbazillen und den Paratyphusbacillus A. In einer Besprechung der Eigenschaften des Paratyphusbazillus B erwähnt dann Schottmüller, was mir wichtig erscheint und worauf ich zurückkommen werde, dafs er Varietäten des Paratyphusbazillus B in Händen habe, die auf schräg erstarrter Gelatineoberfläche **nicht fliefsende** Kolonien erzeugen. — Serum von Paratyphuskranken, aus deren Stuhl bzw. Blut der Paratyphusbazillus B von Schottmüller gezüchtet war, agglutinierte ebenso wie den Paratyphusbazillus B auch Gaertnersche Bazillen. Die »Gifte« des ersteren erwiesen sich als hitzebeständig wie die des Bac. enteritidis. Und endlich vermochte Schottmüller auch Meerschweinchen vom Darme aus durch Fütterung mit Paratyphusbazillus B zu töten; eine Angabe, die ebenso wie meine in Kassel gemachte über die Pathogenität des Paratyphusbazillus B für weifse Mäuse vom Darme aus mit den Erfahrungen Kurths im Widerspruche steht.

Aus diesen Resultaten schliefst Schottmüller auf völlige Identität der Bazillen der choleriformen Fleischvergiftung und

Digitized by Google

des durch Varietät B hervorgerufenen Paratyphus. Er führt noch aus der klinischen Erfahrung Gründe an für diese seine Auffassung: Wie die Paratyphusbazillen akute Brechdurchfälle erzeugen könnten, so riefen Gaertnersche Bazillen zuweilen typhusähnliche Erscheinungen hervor, die Cholera gehe in Typhus über. Auch beim echten Eberth-Gaffkyschen Typhusbazillus komme es zuweilen zu hochakuten Intoxikationserscheinungen, die in wenigen Tagen ablaufen. Schliefslich fafst Schottmüller seine Ergebnisse in folgende Sätze zusammen:

»Der besonders für Tiere pathogene, weit verbreitete Gaertnersche oder Paratyphusbacillus alkalifaciens ruft beim Menschen unter gewissen Umständen Massen-, häufiger aber sporadische Erkrankungen hervor, die unter dem Bilde akuter Gastroenteritis (Intoxikation) oder dem des Typhus (Infektion im engeren Sinne) verlaufen; im Gegensatz dazu verursacht der nahe verwandte, aber hauptsächlich menschenpathogene Typhusbazillus in der Regel das Bild des Typhus, seltener eine Gastroenteritis. Eine solche, durch Typhusbazillen erzeugt, verläuft nicht so schwer, wie die durch Paratyphusbazillus B verursachte, insbesondere führt sie nach den bisherigen Erfahrungen nicht zum Tode.«

Ohne mich an dieser Stelle in eine spezielle Kritik der beiden referierten Arbeiten einzulassen, will ich übergehen zu eigenen neuen Untersuchungen, die ich im vergangenen Winter über das in Frage stehende Thema angestellt habe, und die mich im ganzen zu gleichen Resultaten, wie Trautmann und Schottmüller sie erhalten, geführt haben. Nach meinem Vortrage in Kassel hielt ich es für notwendig, möglichst die ganze Gruppe der sog. coliähnlichen Bakterien einer nochmaligen genauen Prüfung auf ihre biologischen und Antikörper erzeugenden Eigenschaften zu unterziehen. Dabei suchte ich eine möglichst grofse Anzahl besonders sog. Paratyphusstämme zu erhalten, was mir leider nur zum Teil geglückt ist. Folgende Bakterienstämme sind dieser vergleichenden Untersuchung unterzogen worden:

Paratyphusbazillus Achard,
» Hewlitt,
» Brion-Kayser

Digitized by Google

Paratyphusbazillus Seemann I,
» » II,
» Euster-Allen,
» Schmidt,
» Hume, dicke Kolonie,
» » flache »
Bacterium coli commune,
Typhusbazillus I (Marburg),
» II (Berlin, Inst. f. Inf.),
Dysenteriebacillus,
Pseudodysenteriebazillus
Bacillus enterititidis Gaertner,
Mäusetyphus I A,
» I B,
» III A,
» III B.

Die Paratyphusstämme habe ich zum Teil von Král in Prag, zum Teil von Piorkowski in Berlin erhalten; Seemann I und II sind beide von Král, aber zu verschiedenen Zeiten erhalten. Die beiden als Hume, dicke Kolonie und Hume, flache Kolonie bezeichneten Stämme bekam ich aus der mit »Hume« bezeichneten Reinkultur von Piorkowski. Die Kultur bestand ganz zweifellos aus zwei verschiedenartigen Kolonien, die sich auch später dauernd als different erwiesen. Dysenterie- und Pseudodysenteriebazillen stammen von Herrn Kollegen Kruse in Bonn, die Mäusetyphusbazillenstämme entsprechen in A und B einer ersten bzw. zweiten Sendung von Schwarzlose (I) und einer Firma in Görlitz (III). Die übrigen Reinkulturen sind schon längere Zeit in meiner Sammlung fortgezüchtet. Alle Stämme sind in ihren sämtlichen, auch den ev. pathogenen Eigenschaften typische Vertreter ihrer Spezies, wie festgestellt wurde.

Natürlich sollte sich die biologische Prüfung nicht noch einmal auf sämtliche Nährböden erstrecken, sondern es erschien genügend, wenn diejenigen Nährböden, in denen Differenzpunkte sich zeigen mufsten, herangezogen würden. Als solche kamen m. E. in Betracht schräg erstarrte Gelatine, Milch,

Digitized by Google

Kartoffeln, Lackmusmolke, aufserdem nur noch ein neuerdings als für Paratyphusbazillen spezifisch beschriebener Nährboden, der Malachitgrünagar. Lentz und Tietz haben in der Münchener med. Woche 1903, Nr. 49 gezeigt, dafs man durch Zusatz des genannten Farbstoffs (aus Höchst bezogen) zu gewöhnlichem Nähragar einen künstlichen Nährboden erhält, auf dem Paratyphusbazillen noch bei einer Konzentration des Malachitgrüns von 1:4000 ausgezeichnet gedeihen, während die übrigen Bakterien der weiteren Gruppe bei dieser Konzentration des Farbstoffs sich nicht mehr zu entwickeln vermögen. Sie geben auch an, dafs man mit diesem Nährboden (bei etwas schwächerer Konzentration des Farbstoffs) eine Anreicherung von Typhusbazillen unter gewissen Bedingungen erhalte, da Typhusbazillen sich dem Malachitgrün gegenüber weniger empfindlich als Bacterium coli zeigen. Dem letzten Teil der Ausführungen von Lentz und Tietz kann ich nach dem Ausfall meiner allerdings wenig zahlreichen Nachprüfungen an Typhus- und Koliarten nicht beipflichten. In meinen Versuchen wuchs Bact. coli noch auf Konzentrationen des Malachitgrün im Nährboden, bei welchem Typhusbazillen versagten, und ich wenigstens habe also auch hier wieder erlebt, was so oft bereits bei Differenzierungsmethoden zwischen Coli und Typhusbazillus erfahren wurde. Indessen ist diese Beobachtung nebensächlich für unser Thema. Sicher ist auch nach meinen Beobachtungen, dafs der Malachitgrünagar ein ausgezeichnetes Anreicherungsmittel für Paratyphusbazillen ist. In Konzentration von 1 Malachitgrün zu 4000 Agar wachsen die beiden Typen des Paratyphusbazillus aus Reinkulturen noch in ganz ausgezeichneter Weise und zwar bei 37° C innerhalb 24 Stunden mit üppigstem Belag. Dabei zeigte sich mir als regelmäfsig auftretender Unterschied zwischen den Angehörigen der Gruppen Paratyphusbazillus A und Paratyphusbazillus B, dafs letztere stets schon nach 24 Stunden Aufenthalt im Brutschrank den Nährboden gänzlich entfärbt hatten, während die Angehörigen der Gruppe A ebenso regelmäfsig nach 24 Stunden Aufenthalt bei 37° C den Nährboden grün gelassen und ihn erst nach weiteren 24 Stunden zu entfärben vermocht hatten. Ein Unterschied

Digitized by Google

in der Üppigkeit des Wachstums beider Spezies war nach 24 Stunden nicht zu erkennen. Bei einer Konzentration des Malachitgrün 1:2000 trat in meinen Versuchen niemals Wachstum der Paratyphusbazillen ein. — Auch aus verdächtigem, übrigens auch zuweilen aus normalem Stuhl ist man mit Hilfe des angegebenen Nährbodens leicht in der Lage, Paratyphusbazillen zu erhalten, wo sie auf nicht mit Malachitgrün versetztem Agar derselben Zubereitung völlig fehlen oder wenigstens nicht gefunden wurden. Auch in dieser Hinsicht kann ich die Angaben der genannten Autoren bestätigen, Malachitgrünagar ist jedenfalls ein ausgezeichneter selektiver Nährboden für Paratyphusbazillen. Es verstand sich also auch von selbst, dafs ich diesen Nährboden als ev. geeignet für eine Differenzierung bei meinen biologischen Vergleichsversuchen mit heranziehen mufste.

Ich gebe nun zunächst in Form einer Tabelle das Resultat dieser Vergleichung der biologischen Eigenschaften der oben genannten Bakterienarten, wobei ich nicht nötig haben sollte besonders hervorzuheben, dafs die verglichenen Nährböden selbstverständlich der gleichen Zubereitung entstammen, und dafs es sich bei den Kartoffeln nur um solche handelt, die sich als zum typischen Wachstum für Coli einerseits, für Typhusbazillen anderseits geeignet durch gleichzeitig erfolgte Kontrollimpfungen dieser beiden Mikrobenarten auf dasselbe Kartoffelstück erwiesen hatten. Natürlich ist auch das Verhalten der verglichenen Mikroorganismen auf den unten genannten Nährböden bei sämtlichen Arten nicht einmal, sondern wiederholt geprüft worden, wobei sich übrigens Unterschiede nicht gezeigt haben.

(Siehe Tabelle I auf S. 238.)

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich: Zu Gruppe Paratyphusbazillus A gehören Hewlitt, Brion-Kayser, Euster-Allen, Schmidt. Dieselben haben biologisch die gröfste Verwandtschaft zu dem Eberth-Gaffkyschen Bazillus, da sie Milch und Lackmusmolke unverändert lassen, auf Gelatine und Kartoffeln genau wie echte Typhusbazillen wachsen. Sie unterscheiden sich biologisch nur durch ihr Vermögen, Traubenzucker zu vergären,

Digitized by Google

Tabelle I.

| | Schräg erstarrte Gelatine | Milch | Kartoffeln | Lackmusmolke | Malachitgrün-Agar 1 : 4000 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 24 Std. | 48 Std. |
| 1. Paratyphusbaz. Achard . . | Dicke, am 3. Tage fliefsende Kolonie | Aufgehellt vom 4. Tag ab | Üppigster Oberflächenbelag | Nach 24 Std. rot; v. 8. T. blau werdend | +++ hellgelb | |
| 2. » Hewlitt . . | Typhusähnliche, flache Kolonie | unverändert | Oberfläche unverändert | bleibt blau | +++ grün | hellgelb |
| 3. » Brion-Kayser | wie 2. | wie 2. | wie 2. | wie 2. | wie 2. | wie 2. |
| 4. » Seemann I . | » 8. | » 1. | » 1. | » 1. | » 1. | |
| 5. » Seemann II . | » 1. | » 1. | » 1. | » 1. | » 1. | |
| 6. » Euster-Allen | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. |
| 7. » Schmidt . . | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. |
| 8. » Hume, dicke Kol. | Dicke, runde, nicht fliefsende Kolonie | wie 2. (spät. ein Teil d. Kaseins ausgefällt | » 1. | nach 24 Std. hellrot; später unverändert | » 1. | |
| 9. » Hume, flache Kol. | wie 2. | wie 2. (nach 12 T. eine Spur Aufhellung | wie 1 (Kart. stark braun) | wie 8.; doch am 10. T. etw. wenig rot | » 1. | |
| 10. Bact. coli commune . . . | » 2. | geronnen | wie 1. | wie 8. | 0 | +? *) |
| 11. Typhusbaz. I (Marburg) . . | » 2. | wie 2. | » 2. | » 2. | | 0 |
| 12. » II (Berlin, Inst. f. Inf. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | | 0 |
| 13. Dysenteriebazillus . . . . | » 2. | » 2. | » 1. | wie 2.; am 7. Tage etwas rot | | 0 |
| 14. Pseudodysenteriebazillus . | » 2. | » 2. | » 1. | nach 24 Std. etw. rot; spät. dauernd hellr. | + | +++ grün |
| 15. Bac. enteritidis Gaertner . | » 8. | » 1. | » 1. | wie 1.; vom 4. Tag blau werdend | wie 1. | |
| 16. Mäusetyphus IA . . . . | » 8. | » 1. | » 1. | wie 1.; vom 6. Tag blau werdend | » 1. | |
| 17. » IB . . . . | » 8. | » 1. | » 1. | wie 16. | » 1. | |
| 18. » IIIA . . . | » 8. | » 1· | » 1. | » 16. | » 1. | |
| 19. » IIIB . . . | » 8. | » 1. | » 1. | » 16. | » 1. | |

*) Am dritten Tage kräftiges Wachstum.

Digitized by Google

durch die Farbenveränderung des Neutralrot und, wie hier ersichtlich, durch ihre Resistenz gegen Malachitgrün. (Dafs das Fehlen der Indolbildung der Gesamtheit der Paratyphusbazillen gemeinsam zukommt, wurde oben schon erwähnt.)

Zur Gruppe Paratyphusbazillus B gehören Achard, Seemann I und II, der Bacillus enteritidis Gaertner und die Loefflerschen Mäusetyphusbazillen. Die genannten Arten sind in diese Gruppe zu rechnen wegen ihres Verhaltens in Milch, das bei allen ein ganz gleichmäfsiges, aufserdem ein sehr präzise auftretendes ist; wegen ihres Verhaltens gegen Malachitgrünagar und Kartoffeln, wo dasselbe zutrifft, wie bei Milch; auch wegen ihres Verhaltens gegen Lackmusmolke, wo allerdings geringe Unterschiede vorhanden sind, die beim Wachstum in Gelatine sich noch deutlicher bemerklich machen. Auch in Lackmusmolke ist der Typus, die anfängliche Säuerung und spätere starke Alkaleszenz, bei allen Angehörigen der Gruppe der gleiche. Unterschiede bestehen aber hinsichtlich des Grades der späteren Alkaleszenz und bezüglich des Beginnes des Wiederauftretens derselben. Am frühesten tritt dieselbe auf beim Bac. enteritidis und bei diesem ist auch die Alkaleszenz zum Schlufs am stärksten; am schwächsten ist die Alkaleszenz und tritt am spätesten wieder auf bei den Paratyphusbazillen; die Loefflerschen Bazillen stehen in der Mitte. Natürlich habe ich die Reaktionsänderungen durch Titrieren zahlenmäfsig festgestellt. Doch ist es wohl unnötig, diese Zahlen hier wiederzugeben, zumal sie bei wiederholten Prüfungen nicht ganz genau untereinander übereinstimmten. — Die Unterschiede im Wachstum auf schräg erstarrter Gelatine sind sehr in die Augen fallend. Die beiden Stämme Achard und Seemann II zeigen dicke weifse, später graue gewölbte Kolonien, die etwa am 3. Tage auf dem Nährboden nach unten fliefsen, so dafs am unteren Ende des Nährbodens bzw. seiner Oberfläche sich ein grauer Brei, wie stark getrübtes Kondenswasser bei Agar, ansammelt. Bei meinen Mäusetyphuskulturen und denen des Bac. enteritidis habe ich Derartiges nie gesehen und ich war geneigt, diese Eigenschaft als ein Differenzierungsmerkmal gelten zu lassen, zumal auch junge Kolonien beider Typen, des

Digitized by Google

fliefsenden und nicht fliefsenden, auf oder vielmehr in Gelatineplatten deutliche Unterschiede zeigten, die sich besonders hinsichtlich der stärkeren Körnung und dunkleren Färbung bei Achard und Seemann II gegenüber den anderen Angehörigen der Gruppe bemerklich machten. Die oben bereits mitgeteilte Beobachtung Schottmüllers, dafs es auch Rassen des Paratyphusbazillus B gebe, die auf schräger Gelatine nicht fliefsende Kolonien bilden, sowie meine eigene Beobachtung bei Stamm Seemann I, der ganz wie Mäusetyphus sich verhält und den ich vor dieser Mitteilung Schottmüllers als zweifelhaft betrachtet habe, lassen mich an der Berechtigung daran zweifeln, die Unterschiede im Wachstum auf Gelatine als genügenden Grund zu einer Scheidung der Gruppe in zwei Abteilungen anzusehen. Es ist somit in biologischer Beziehung die wünschenswerte Übereinstimmung vorhanden und in genügender Weise dargetan.

Gar kein Urteil vermag ich abzugeben über die Stellung der beiden als Hume dick und Hume flach bezeichneten Stämme. Es scheint, dafs beide Arten weder zu Gruppe A, noch zur Gruppe B der Paratyphusbazillen gehören, dafs sie vielleicht einen eigenen Typus von zwischen Coli- und Typhusbazillen stehenden Mikroben repräsentieren, wie es ja nicht ausgeschlossen erscheint, dafs wir derartiger Typen noch eine ganze Reihe kennen lernen werden. Bemerkenswert für eine gegenteilige Anschauung bleibt immerhin, dafs beide Abarten nach ihrem Wachstum auf Malachitgrünagar zum mindesten grofse Verwandtschaft mit den Paratyphusbazillen und zwar deren Typus B besitzen.

In der Vergleichung der biologischen Eigenschaften der 19 Stämme hat sich also erneut eine vollständige Übereinstimmung der Mäusetyphusbazillen, des Bac. enteritidis und der Paratyphusbazillen vom Typus B ergeben. Wenn ich jetzt zu einer Besprechung meiner Agglutinationsversuche übergehe, so möchte ich vorausschicken, dafs das Serum von Kaninchen stammt, die ich selbst durch intravenöse Injektion bei 60° abgetöteter Kulturen immunisiert habe; dafs das Serum stets einen Agglutinationswert hatte, der für die zur Einspritzung verwendete Art

Digitized by Google

nicht höher als ca. 1 : 1000 lag; dafs die Beobachtung der Agglutination nur makroskopisch war, analog dem von Kolle beschriebenen Verfahren, das ich für völlig ausreichend zur richtigen Beurteilung halte, beste Beleuchtung und ein geübtes Auge vorausgesetzt. In den folgenden Tabellen will ich der Kürze halber die Kontrolen weglassen und deshalb hier erwähnen, dafs alle positiven Agglutinationswerte bei den spezifischen Serumarten negativen bei dem Kontroll-Normalserum entsprechen. Die erhaltenen Resultate wurden also für die Tabellen nur benutzt, wenn die Kontrollversuche ein negatives Resultat für die betr. Bakterienart ergeben hatten. Ich kann die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne alle, die auf diesem Gebiete erst zu arbeiten beginnen, eindringlichst vor Unterlassung der Kontrolle zu warnen. Die Versuche sind ohne entsprechende Kontrolle durch normales Serum ganz unbrauchbar.

Der Erfolg jedes einzelnen Agglutinationsversuches wurde einige Minuten nach geschehener Verreibung der Agarkultur und zweitens nach vierstündigem Aufenthalt bei 37° festgestellt.

Es liegt mir fern, auch nur einen erheblicheren Teil meiner gerade hier recht ausgedehnten Versuche mitteilen zu wollen. Ich beschränke mich darauf, drei Versuche in Tabellenform zu geben, aus denen alles Ersehenswerte zur Genüge hervorgeht. Die betreffenden Sera sind drei verschiedenen Kaninchen entnommen, deren erstes mit Seemann II, das zweite mit Mäusetyphus III B, das dritte mit Paratyphus Brion-Kayser vorbehandelt war.

(Siehe Tabellen II—IV auf S. 242 u. 243.)

Die mitgeteilten Tabellen bedürfen kaum eines Kommentars. Das Serum »Seemann II« agglutiniert in Verdünnung von 1 : 100 sämtliche Stämme, aufser Hume dick und Hume flach, Coli, Typhus Marburg und Dysenteriebazillen; in Verdünnung 1 : 500 nur noch Achard, die beiden Stämme Seemann, Enteritidis, die vier Mäusetyphusstämme; aufserdem allerdings auch noch deutlich den Stamm Schmidt; in Verdünnung 1 : 750 wird die Verklumpung fraglich bei Stamm Schmidt, aber auch bei Mäusetyphus III A; und in Verdünnung 1 : 1000 sind nur noch deutlich agglutiniert



Digitized by Google

Achard, die beiden Stämme Seemann, Mäusetyphus I B und Mäusetyphus III B, während hier auch bei Bac. enteritidis die geringe bei 37° im Laufe von vier Stunden entstandene Agglutination sich nach dem Schütteln und fünf Minuten dauernder Beobachtung nicht wieder gebildet hat.

Tabelle II.

**Serum K. 302 (Seemann II). 29. I. 04.**

| | 1:H | 1:250 | 1:500 | 1:750 | 1:1000 |
|---|---|---|---|---|---|
| Achard | +++ | +++ | ++ | ++ | + |
| Hewlitt | + | +? | 0 | 0 | 0 |
| Brion-Kayser | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Seemann I | +++ | +++ | +++ | +++ | + |
| » II | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ |
| Euster-Allen | + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Schmidt | ++ | ++ | + | +? | 0 |
| Hume, dicke | 0 | 0 | | | |
| » flache | 0 | 0 | | | |
| Koli | 0 | 0 | | | |
| Typhus Marburg | 0 | 0 | | | |
| » Berlin | ++ | + | 0 | 0 | 0 |
| Dysenteriebaz. | 0 | 0 | | | |
| Pseudodysenteriebaz. | + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enteritidis Gaertner | +++ | +++ | + | + | +? |
| Mäusetyphus I A | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 |
| » I B | +++ | +++ | +++ | ++ | + |
| » III A | +++ | +++ | ++ | +? | 0 |
| » III B | +++ | +++ | ++ | + | + |

Zeichenerklärung:

+++ = Stärkste Agglutination, bei Zimmertemperatur kurz nach Hinzufügen der Kultur eintretend.

++ = Starke Agglutination, nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C beobachtet.

+ = Noch deutliche Agglutination, nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C beobachtet; nach kräftigem Schütteln sofort wieder auftretend.

+? = Deutliche Agglutination, nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C vorhanden, aber nach kräftigem Schütteln verschwindend und innerhalb 5 Minuten nicht wieder auftretend.

0 = Homogene Trübung nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C.

Digitized by Google

**Tabelle III. Serum K. 305 (Mäusetyphus III B).**

| | 1 : 100 | 1 : 500 | 1 : 1000 |
|---|---|---|---|
| Achard | +++ | ++ | ++ |
| Hewlitt | +++ | +? | 0 |
| Brion-Kayser | +++ | + | 0 |
| Seemann I | +++ | +++ | ++ |
| » II | +++ | +++ | ++ |
| Euster-Allen | +++ | + | 0 |
| Schmidt | +++ | + | 0 |
| Hume, dicke | 0 | 0 | 0 |
| » flache | 0 | 0 | 0 |
| Koli | 0 | 0 | 0 |
| Typhus Marburg | +++ | + | 0 |
| » Berlin | +++ | + | 0 |
| Dysenteriebazillus | 0 | 0 | 0 |
| Pseudodysenteriebazillus | +++ | +? | 0 |
| Enteritidis Gaertner | +++ | +++ | ++ |
| Mäusetyphusbazillus I A | +++ | +++ | ++ |
| » I B | +++ | +++ | ++ |
| » III A | +++ | +++ | + |
| » III B | +++ | +++ | ++ |

**Tabelle IV. Serum K. 303 (Brion-Kayser).**

| | 1 : 100 | 1 : 500 | 1 : 1000 |
|---|---|---|---|
| Achard | +++ | ++ | +? |
| Hewlitt | +++ | +++ | 0 |
| Brion-Kayser | +++ | +++ | +++ |
| Seemann I | +++ | 0 | 0 |
| » II | +++ | 0 | 0 |
| Euster-Allen | +++ | +++ | +? |
| Schmidt | +++ | +++ | +++ |
| Hume, dicke | 0 | 0 | 0 |
| » flache | ++ | 0 | 0 |
| Koli | 0 | 0 | 0 |
| Typhus Marburg | +++ | ++ | + |
| » Berlin | +++ | ++ | + |
| Dysenteriebazillus | 0 | 0 | 0 |
| Pseudodysenteriebazillus | +++ | ++ | ++ |
| Enteritidis Gaertner | +++ | +? | 0 |
| Mäusetyphus I A | +++ | +? | 0 |
| » I B | +++ | +? | 0 |
| » III A | +++ | +? | 0 |
| » III B | +++ | + – | + |

Das Serum »Mäusetyphus III B« agglutiniert in Verdünnung von 1 : 100 die Stämme Hume dick und Hume flach, Coli und Dysenterie nicht; alle anderen schon bei gewöhnlicher Temperatur in kürzester Zeit; in Verdünnung 1 : 500 ist das Verhältnis annähernd das gleiche, doch sind Hewlitt und Pseudodysenteriebazillen fraglich; bei der Verdünnung 1 : 1000 werden agglutiniert Achard, die beiden Stämme Seemann, Enteritidis und die vier Mäusetyphus-Stämme, alle anderen bleiben homogen. Die Agglutinationsprobe in Verdünnungen über 1: 1000 fiel bei allen letztgenannten acht Stämmen negativ aus.

Endlich ist auch die Prüfung eines Serums der zur Gruppe des Paratyphusbazillus A gehörigen Mikrobien in den Tabellen verzeichnet. Ich halte gerade auch die Prüfung solcher Sera, die mit nicht zu nahe verwandten Bakterienarten erzeugt sind, bei der Artbestimmung der Gruppenangehörigen für sehr wesentlich. Es werden dabei unter Umständen Aufschlüsse über Seitenketten des Protoplasmamoleküls erhalten, über die man auf keine andere Weise Andeutungen bekommt. — Das Serum »Brion-Kayser« agglutiniert 1 : 100 nicht Hume dicke, Coli, Dysenterie; in Verdünnung 1 : 500 fallen aus die beiden Stämme Seemann, Hume flache; fraglich werden bei dieser Verdünnung der Bacillus enteritidis und drei Mäusetyphusstämme. Bei Verdünnung 1 : 1000 fallen weiter aus Hewlitt, Bacillus enteritidis und drei Mäusetyphusstämme, während Achard nur fraglich wird, ebenso Euster-Allen. Einer der Mäusetyphusstämme wird auch noch 1 : 1000 agglutiniert. Bei Verdünnung des Serums von 1 : 2500 gab es bei keinem der untersuchten Stämme eine Verklumpung.

Die Übereinstimmung zwischen den auf biologischem Wege nicht unterscheidbaren Arten ist also nicht eine ganz vollkommene. Und ich darf nicht verschweigen, dafs bei der Prüfung des Serums anderer Kaninchen, die mit denselben Bakterienarten vorbehandelt waren, die Unterschiede zwischen den Gruppen A und B des Paratyphusbazillus und ihren dazu gehörigen Anverwandten nicht einmal immer so in die Augen fallende waren, wie bei den hier mitgeteilten Experimenten. Aber auch aus diesen nicht mitgeteilten Versuchen geht, wie aus den oben aus-

Digitized by Google

führlich angeführten, m. E. beweisend hervor, dafs die Mäusetyphusbazillen, die Paratyphusbazillen vom Typus B und der Bacillus enteritidis Gaertner zu einer Gruppe gehören, genau wie das oben aus dem biologischen Verhalten zu erschliefsen war. Jedenfalls stehen sich auch hinsichtlich ihrer feineren chemischen Konstitution die eben genannten Mikroben näher als die Paratyphusbazillen des Typus B zu denen des Typus A oder zu den Typhusbazillen. Es ergibt sich ferner, dafs Agglutinationsversuche mit dem Serum von Kaninchen, die mit Paratyphusbazillus Brion-Kayser vorbehandelt sind, und wie ich hinzufügen kann, auch solche mit dem Serum von Personen, die an Paratyphus erkrankt und bei denen von mir Paratyphusbazillen vom Typus A aus dem Stuhle gezüchtet sind, diese Auffassung näherer Verwandtschaft der Paratyphusbazillen vom Typus A zu dem echten Eberth-Gaffkyschen Typhusbazillus, der entfernteren Verwandtschaft derselben zu den Paratyphusbazillen vom Typus B bestätigen. Solche Sera agglutinieren echte Typhusbazillen annähernd in der gleichen Verdünnung wie Paratyphusbazillus A, während Paratyphusbazillus B wenigstens in meinen wenig zahlreichen Versuchen dadurch in Verdünnung von 1 : 50 gar nicht beeinflufst wurde. Da nun auch Typhusserum sehr häufig wenigstens eine höhere Übereinstimmung der Paratyphusbazillen vom Typus A zu dem Typhusbazillus als bei Paratyphusbazillus B bekundet, wie ich in entsprechenden Versuchen mit Ziegenserum oft beobachten konnte, so dürfte es berechtigt sein, auszusprechen, dafs die Paratyphusbazillen vom Typus A den Eberth-Gaffkyschen Bazillen am nächsten stehen; dafs die Paratyphusbazillen vom Typus B dem Eberth-Gaffkyschen und auch dem Paratyphusbazillus A viel weitläufiger verwandt sind, dafs sie eine sehr hohe Übereinstimmung mit den Loefflerschen Mäusetyphusbazillen und dem Gaertnerschen Bazillus besitzen, wenn sie nicht mit den letztgenannten überhaupt identisch sind.

Auch weitere Absättigungsversuche, die ich nach dem Vorgange Castellanis mit den drei oben in den Tabellen verzeichneten Serumarten gegenüber Bacillus enteritidis, Seemann II und Mäusetyphus IB vorgenommen habe, sprechen in obigem Sinne

Digitized by Google

für Identität der genannten »Arten«. Es wurden Verdünnungen der Sera von 1 : 100 benutzt; dann so lange die homologe Bakterienart zugesetzt, bis jede Agglutination bei vierstündigem Aufenthalt im Brutschrank ausblieb, und nun eine Öse der zweiten Bakterienart hinzugefügt und vier Stunden im Brutschrank belassen. Die Versuche, auf die ich hier nicht weiter eingehen will, sind eindeutig im Sinne der Identität der drei Mikrobien aufzufassen.

Als letzten Beweis für diese meine Behauptung möchte ich einen Pfeifferschen Versuch anführen, der in jüngster Zeit mit dem Serum eines Kaninchens angestellt wurde, das subkutan in wiederholten Injektionen zunächst mit bei 60° C. abgetöteten, dann mit lebenden Kulturen des Mäusetyphusbazillus IB vorbehandelt war. Zu Kontrollversuchen diente ebenso lange entnommenes Serum eines nicht vorbehandelten Kaninchens. Es wurden Meerschweinchen intraperitoneal mit Serum und Reinkulturen von zwei der in Frage kommenden Mikroorganismen gleichzeitig eingespritzt. Das Nähere wird aus der folgenden Tabelle sich ergeben.

(Siehe Tabelle V auf S. 247.)

Es ist mir also, wie Fischer, nicht gelungen, spezifisch bakterizide Schutzstoffe, die den Tod der Versuchstiere gänzlich verhindert hätten, bei Kaninchen durch subkutane Einspritzung lebender Kulturen zu erhalten. Doch liefsen sich bei obigem Versuch Substanzen nachweisen, die den Tod der Meerschweinchen wesentlich verzögerten. Und das nicht nur bei Einspritzung von Mäusetyphusbazillen, also der dem Serum homologen Bakterienart, sondern mindestens in demselben, wenn nicht in höherem Grade auch bei Injektion der Paratyphusbazillen vom Typus B. Es ist vielleicht nicht ganz ausgeschlossen, dafs man bei Verwendung des Serums höher immunisierter Tiere als meine blutliefernden Kaninchen waren, auch völlig schützende Substanzen erhalten würde. Meine Kaninchen hatten fünf Agarkulturen lebender Mäusetyphusbazillen subkutan ertragen. — Das Resultat dieser Versuche steht im Widerspruch zu meinen in Kassel mitgeteilten Beobachtungen. Ich hatte dort angegeben, dafs Schutz-

Digitized by Google

Tabelle V.

**Meerschweinchen.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. Nase rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. p. | $^1/_{1000}$ 20 st. Ag. K. des Paratyph. B i. p. (Seemann II) | + 60 St. nach der Impfung |
| 2. Nase u. Nacken rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des Paratyph. B. i. p. (Seemann I) | + 36 St. nach der Impfung |
| 3. Rücken rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. S. | $^1/_{1000}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + 48 St. nach der Impfung |
| 4. Nase u. Rücken rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. p | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + 36 St. nach der Impfung |
| 5. Nase gelb | 0,25 ccm Kan.-Ser. (M. Tp. I B) i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag K. v. Seemann II i. p. | + am **11. Tag** nach der Impfung |
| 6. Nacken gelb | 0,1 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. v. Seemann II i. p. | + am **13. Tag** nach der Impfung |
| 7. L. Hf. gelb | 0,05 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. v. Seemann II i. p. | bleibt leben |
| 8. Nase u. Rücken gelb | 0,25 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + am **5. Tag** nach der Impfung |
| 9. Rücken gelb | 0,1 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + do. |
| 10. R. Ohr gelb | 0,05 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + do. |

Serum und Kultur sind gleichzeitig einverleibt, in jedem Falle ist das Gemisch durch physiologische Kochsalzlösung auf 2 ccm verdünnt.

Bei sämtlichen eingegangenen Tieren ist aus Peritoneum und Herzblut eine durch positive Agglutination festgestellte Kultur von Mäusetyphusbazillen, bzw. Baz. Seemann II erhalten worden. Die aus Peritoneum und Herzblut aufgegangenen Kolonien waren zahlreich. Nur bei 5. Nase gelb war »Herzblut« steril, aus »Peritoneum« entwickelten sich nur einige wenige Kolonien.

stoffe bakterizider Art zu erhalten seien, und dafs jedes Serum Meerschweinchen gegen beide Arten von Bakterien schütze. Der Widerspruch erklärt sich einfach dadurch, dafs ich damals die Meerschweinchen nur bis zum 6. Tage nach der Impfung in Beobachtung behielt. Wären sie auch damals länger beobachtet worden, so würde jedenfalls auch ein solches spät eintretendes Erliegen der Tiere festgestellt worden sein. — Immerhin scheint mir auch durch meinen oben referierten Pfeifferschen Versuch

Digitized by Google

eine weitere nicht unwesentliche Bekräftigung für die Anschauung erbracht zu sein, dafs Loefflers und Schottmüllers Bazillen identisch sind.

Der Einwand aber gegen die hier geschilderten Agglutinations- und bakteriolytischen Versuche ist nicht von vornherein abzuweisen, dafs nämlich bei ersteren Versuche mit Enteritidis-Serum, bei letzteren solche mit Paratyphus B- und Enteritidis-Serum, vor allem auch gegen Enteritidisbazillen fehlen. Erst wenn diese notwendige Ergänzung mit den bisherigen übereinstimmende Resultate erbracht habe, werde über die Identität der drei genannten Bakterienarten weiter zu diskutieren sein. Ich gebe zu, dafs in dem Fehlen solcher Versuche ein Mangel der Beweisführung liegt, bin aber vorläufig aufserstande, über entsprechende Experimente zu berichten, da ich aus Mangel an Tieren nicht in der Lage war, bakteriolytisches und agglutinierendes Enteritidisserum, bzw. bakteriolytisches Paratyphus B-Serum zu beschaffen. Ich darf jedoch gleichzeitig meinem Glauben Ausdruck verleihen, dafs auch diese in Zukunft vorzunehmenden Versuche an dem von mir erhaltenen Resultat nichts ändern werden; dafs auch durch agglutinierendes Enteritidisserum eine Verklumpung von Gaertners, Loefflers und Schottmüllers Bazillen eintreten wird; und dafs Paratyphus B- und Enteritidis-Serum, auf dem Wege subkutaner Vorbehandlung gewonnen, bei Meerschweinchen eine Verzögerung des Todes nach der intraperitonealen Infektion mit allen drei Mikrobenarten hervorrufen wird.

Viele Bakteriologen werden geneigt sein, bei dem Ausfall von Agglutinations- und bakteriolytischen Versuchen, wie er bei meinen vorstehend berichteten eingetreten ist, ohne weiteres die Identität der in Betracht kommenden Mikrobien auszusprechen, und ich habe selbst auf der Naturforscherversammlung in Kassel die Resultate meiner Experimente in derartigen Schlufsfolgerungen ausklingen lassen. Bei näherer Überlegung glaube ich, dafs man gut tun wird, nicht allzuschnell in der Beurteilung solcher Resultate vorzugehen. Ebenso wie früher die Ergebnisse der biologischen Untersuchung oft überschätzt worden sind, so scheint

Digitized by Google

sich eine derartige Überschätzung jetzt zuweilen breit zu machen in der Beurteilung der Versuchsresultate, welche bei Experimenten mit agglutinierendem und bakteriolytischem Serum erhalten werden. Gewifs, eine Übereinstimmung in der Auslösung derartig subtiler Stoffe, wie der Agglutinine und Bakteriolysine, wird eine sehr intime Verwandtschaft derjenigen Mikroorganismen dokumentieren, welche in der Wirkung gleiche Antikörper der bezeichneten Arten im Tierkörper hervorrufen. Aber ich meine, dafs die Zeit nicht mehr fern ist, in der wir zwar auch diesen in ihren feineren chemischen Konstitutionen ja noch völlig hypothetischen Substanzen ihren Platz bei der Identifizierung bestimmter Mikroorganismen anweisen, ihnen aber nicht mehr eine so dominierende Stellung verleihen werden, wie das heute fast überall geschieht. Mir scheint, dafs neben diesen ja zweifellos höchst wichtigen Verhältnissen die biologischen Unterscheidungsmerkmale etwas mehr als nötig zurückgetreten sind, und dafs es vor allem am Platze ist, auch den pathogenetischen Eigenschaften der Mikroorganismen wieder einen höheren Wert in der Schätzung einzuräumen. Um so stärker tritt diese Forderung in ihr Recht, wenn es sich um die Beurteilung einander so nahe stehender Mikrobien handelt, wie in unserem Falle. Es erschien mir aus diesem Grunde nicht überflüssig, meine Untersuchung auch nach dieser Richtung hin zu ergänzen. Ich habe also zunächst die Fütterungsversuche an weifsen Mäusen mit allen drei Bakterienarten wiederholt. Während es mir aber mit Stamm Seemann I früher, wie ich in Kassel mitgeteilt habe, und auch jüngst bei einem sehr hohen Prozentsatz der gefütterten Tiere den Tod unter typischen Erscheinungen herbeizuführen gelang, habe ich mit Reinkulturen des Stammes Seemann II und des Bac. enteritidis jetzt n u r n e g a t i v e Resultate erhalten. Dabei war Stamm Seemann II und der Gaertnersche Bazillus für die gleiche Tierspezies sowohl intraperitoneal wie vom subkutanen Gewebe aus von höchster Virulenz. Auch die intraperitoneale Einverleibung von Seemann II und Enteritidis bei Meerschweinchen rief bei neuen Versuchen nicht wie die Impfung von Mäusetyphusbazillen und Seemann I eine

Braunrotfärbung der ganzen Nebennieren, sondern nur eine starke Gefäfsinjektion des kleinen Organs hervor. Natürlich hat mich nach diesem Ausfall der neuen Versuche, zumal bei gleichzeitiger Erwägung des oben referierten Resultats der biologischen Prüfung, der Gedanke beschäftigt, dafs ich in meinem Stamm Seemann I gar keinen Paratyphusbazillus vor mir habe, dafs eine »Umzüchtung« nach berühmten Mustern vorliegt und es sich bei diesem Stamm in Wirklichkeit um einen Mäusetyphusbazillus aus meinem eigenen Laboratorium handelt. Ich mufs diesen Punkt dahingestellt sein lassen und will in bezug hierauf nur noch kurz anführen, dafs doch gerade in Hinsicht auf manche andere feine biologische Eigentümlichkeiten, z. B. die Veränderungen der Lackmusmolke, der Stamm Seemann I von meinen Mäusetyphusbazillen sich unterscheidet und sich wie die zweifellosen Paratyphusbazillen vom Typus B (Achard, Seemann II) verhält. Jedenfalls sind bei meinen neuen Tierversuchen also, wenn wir den Stamm Seemann I ausschalten, Differenzpunkte bezüglich der Wirkung auf Laboratoriumstiere hervorgetreten. Bei der Beurteilung der Identität zweier Bakterienarten dürfen dieselben m. E. nicht aufser acht gelassen werden.

Wichtig schien mir nun noch der Nachweis über die Resistenz des Mäusetyphusbazillus, bzw. seiner Endotoxine, gegenüber höheren Temperaturen. Bekanntlich legt Gaertner gerade auf diesen Punkt ein besonderes Gewicht und will als Enteritidis-Stämme nur solche anerkannt wissen, die sich in dieser Hinsicht wie sein Bazillus verhalten. Auf die Berechtigung dieser Anschauungsweise hier einzugehen, würde mich zu weit führen; ich teile die Meinung, die Schottmüller in einer Fufsnote seiner Arbeit in der Münch. med. Woch., 1904, Nr. 7/8 zu diesem Punkte geäufsert hat. Immerhin würde, falls sich beim Mäusetyphusbazillus eine hohe Resistenz der Endotoxine gegen Temperaturen von 100° C herausstellte, mit dieser Feststellung eine weitere Stütze für die engste Verwandtschaft des Loefflerschen zu dem Enteritidisbazillus gewonnen sein. Es sei nun hier nur kurz folgender Versuch angeführt: Am 25. III. 04 wurden sechs weifse Mäuse intraperitoneal mit 48stündiger

Bouillonkultur des Mäusetyphusbazillus I B injiziert, drei davon mit der unveränderten Kultur, drei mit einem etwa fünf Minuten bei 100° C aufgekochten Teil derselben. Sämtliche Mäuse erlagen der Impfung.

Tabelle VI.

**Weifse Mäuse.**

| | | |
|---|---|---|
| 1. Nase gelb . . . | 0,5 ccm lebender Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 2. Nacken gelb . . | 0,1 ccm lebender Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 3. Rücken gelb . . | 0,01 ccm lebender Kultur i. p. | + nach 36 St. |
| 4. Nase rot . . . | 1 ccm erhitzter Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 5. R. Hf. rot . . . | 0,5 ccm erhitzter Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 6. L. Hf. rot . . . | 0,1 ccm erhitzter Kultur i. p. | + nach 36 St. |

Aus Peritonealexsudat und Herzblut entwickeln sich bei Maus 1—3 reichlich, bei Maus 4 spärlich Kolonien des Mäusetyphusbazillus (durch Agglutination identifiziert). Die Abimpfungen von Maus 5 und 6 bleiben steril.

Der Obduktionsbefund bei den Mäusen fünf und sechs hat andere Gründe für den eingetretenen Tod der Tiere als die erfolgte Injektion nicht erkennen lassen. Bei der Maus vier sind in dem eingespritzten ganzen Kubikzentimeter scheinbar doch nicht alle Bazillen abgestorben gewesen, so dafs es wahrscheinlich auf Grund der Intoxikation zu einer Vermehrung der Bakterien hat kommen können.

Es liegt mir fern, auf Grund dieses einen wegen zu kurzer Kochdauer vielleicht nicht einmal ganz einwandfreien Versuches weitergehende Schlüsse zu ziehen; doch bin ich mit analogen Versuchen bei den gleichen und gröfseren Tieren beschäftigt und glaube schon jetzt sagen zu können, dafs auch nach diesen Experimenten der Loefflersche Mäusetyphusbazillus zur Produktion hitzebeständiger Endotoxine befähigt erscheint.

Wenn ich mich nun zum Schlusse darüber äufsern soll, ob ich Loefflersche Mäusetyphusbazillen, Gaertnersche Enteritidisbazillen und Schottmüllers Paratyphusbazillus B für identisch halte, so möchte ich darauf eine definitive Antwort heute überhaupt nicht erteilen, vielmehr die Entscheidung weiteren Versuchen vor allem darüber vorbehalten, ob menschliches

Digitized by Google

Serum von Paratyphus- und Enteritisfällen auch Loefflers Mäusetyphusbazillus agglutiniert und in welchem Grade. Ich bitte ausdrücklich diejenigen Kollegen, die solches Serum in die Hände bekommen, bei ihren Studien auch des Mäusetyphusbazillus zu gedenken. Denn darüber braucht man wohl kein Wort zu verlieren, dafs die Entscheidung über diese Frage eine gewisse Bedeutung besitzt. Wenn auch den Loefflerschen Bazillen bisher eine pathogene Wirkung auf den Menschen nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist, so existiert doch einmal die Möglichkeit, dafs wenigstens ein geringer Prozentsatz menschlicher Individuen, vielleicht auch dieser nur nach vorausgegangenen Schädigungen anderer Art, für den Mikroben uud seine pathogene Wirkung empfänglich ist; zweitens aber besteht die Möglichkeit, dafs Loefflersche Bazillen anf dem Umwege über gewisse Schlachttiere für den Menschen gefährlich werden könnten. Vielleicht sind die Loefflerschen Bazillen z. B. von der Uterus-Schleimhaut aus für Rinder pathogen; nur direkte Versuche können darüber entscheiden. — Ferner halte ich für sehr wünschenswert, dafs in Zukunft alle Kollegen, welche Paratyphusfälle, erregt durch den Bazillus des Typus B, oder die choleriforme Fleischvergiftungen zur Beobachtung erhalten, eine genaue Untersuchung darüber anstellen, ob sich die betr. Erkrankungen irgendwie mit einer vorausgegangenen Verbreitung von Loefflerschen Mäusetyphusbazillen in Beziehung bringen lassen. Nur so wird man zu einer Entscheidung darüber gelangen können, ob eine weitere sorglose Ausstreuung des Mäusetyphusbazillus zu gestatten oder ob ein Verbot von seiten der Behörden am Platze ist.

Nach meinen obigen Ausführungen halte ich mich zur Aufstellung folgender Sätze für berechtigt:

1. Der Bacillus typhi murium Loeffler, der Bacillus enteritidis Gaertner und der Paratyphusbazillus B sind weder durch die biologischen, noch durch Agglutinations- oder bakteriolytische Untersuchungsmethoden zu differenzieren. Es bestehen dagegen gewisse Verschiedenheiten hinsichtlich ihrer pathogenen Eigenschaften, speziell der Empfänglichkeit mancher Versuchstiere vom Darme aus,

Digitized by Google

über deren Bedeutung heute ein Urteil noch nicht möglich ist.

2. Jedenfalls gehören die drei genannten Bakterienarten zu einer Gruppe und sind untereinander weit näher verwandt, als etwa der Paratyphusbazillus B mit dem Paratyphusbazillus A. Es empfiehlt sich daher m. E. den Namen Paratyphusbazillus für den bisher unter Typus A dieses Namens gehenden Mikroorganismus zu reservieren, zumal derselbe in der Tat diesem Namen durch seine nahe Verwandtschaft mit dem Eberth-Gaffkyschen Bazillus alle Ehre macht.
3. Für den bisher unter dem Namen Paratyphusbazillus des Typus B definierten Mikroben ist nicht, wie Schottmüller vorschlägt, Bacillus paratyphosus alkalifaciens die richtige Bezeichnung, sondern Bacillus enteritidis Gaertner, nach dem Gesetz der Nomenklaturen. Derselbe Name gebührt dem Loefflerschen Mäusetyphusbazillus, falls weitere Untersuchungen die Unterschiede im pathogenen Verhalten beider zu einem Typus gehörigen Abarten, des Gaertnerschen und des Loefflerschen Bazillus, als zu geringfügig für die Aufstellung zweier Varietäten erscheinen lassen sollten.

---

Digitized by Google

# Eine einfache Methode der Sporenfärbung.

Von

Dr. **E. Thesing,**

Assistenten der Abteilung.

(Aus dem Institut für Hygiene und exp. Therapie zu Marburg: Abteilung für Hygiene. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Ich möchte im folgenden über eine Methode der Sporenfärbung berichten, welche sich mir in zahlreichen Versuchen vor allen anderen gebräuchlichen Verfahren als praktisch erwiesen hat, indem sie bei geringerem Zeitaufwande doch selbst in der Hand des Ungeübten höhere Erfolgssicherheit bietet. Da die Ergebnisse meiner Untersuchungen über diesen Punkt in teilweisem Widerspruch zu einigen allgemein angenommenen Ansichten über die Färbbarkeit von Bakteriensporen stehen, soll dem angeschlagenen Thema etwas gröfsere Ausführlichkeit gegönnt werden, als seine vergleichsweise Nebensächlichkeit vielleicht zu rechtfertigen scheint.

Die Zahl der für Sporenkontrastfärbung angegebenen Methoden ist wahrlich nicht gering; beherrschend eingebürgert hat sich jedoch keine. Schon die Tatsache, dafs bis in die neueste Zeit immer wieder einmal neue Empfehlungen auftauchen, macht es wahrscheinlich, dafs die vorhandenen Verfahren entweder nicht einfach genug oder nicht so sicher zum Ziele führen, als billig beansprucht werden könnte. Alle die älteren Methoden von Neifser, Buchner, Hueppe, Hauser, Ernst, Möller kranken

Digitized by Google

wenigstens an einem der beiden genannten Fehler — und auch die neueren von Fiocca, Aujeszky, Müller, Klein (Mare) bieten höchstens eine quantitative Besserung. Dazu kommt, dafs eine Reihe der wirksameren unter diesen Methoden diese ihre Wirksamkeit so eingreifenden Mitteln verdanken, dafs die Schönheit der Bilder durch Zerstörung oder bedeutende Schädigung der Bakterien erheblich leidet.

Eine Methode der Sporenfärbung also, welche gegenüber den vielen empfohlenen einigen begründeten Anspruch auf Beachtung erheben wollte, müfste viele Klippen zu umschiffen vermögen. Sie müfste — kurz gesagt — die Fähigkeit besitzen, ohne Beeinträchtigung des Materials, in einfacherer und weniger Zeit erfordernder Weise mit vermehrter Sicherheit des Erfolges gute Kontrastfärbungen zu liefern. Ich glaube nun in der Tat — nach zahlreichen eigenen und fremden Versuchen an verschiedenem Sporenmaterial — berechtigt zu sein, dem hier zu schildernden Verfahren alle diese geforderten Vorzüge in erheblichem Grade zuzusprechen!

Den Ausgangspunkt meiner Färbungsversuche bildete die Beobachtung, dafs es mit dem einfachen, kürzeren und weniger eingreifenden Hauserschen Verfahren viel besser gelang, schöne Sporenkontrastfärbungen zu erzielen, als wenn ich mich jener im Güntherschen Lehrbuch als beste empfohlenen und auch im hiesigen Institute geübten Methode bediente. Dieses letztgenannte Verfahren sucht durch wiederholtes Kochen der getrockneten und fixierten Deckgläschen in Kupfertiegeln oder Uhrschälchen, welche mit der Farblösung beschickt sind, eine Färbung der Sporen durch allmähliches Überwinden des Widerstandes der Sporenmembran zu erreichen. Schrittweise soll, wie Günther sagt, bei diesem Vorgehen eine Aufnahme des Farbstoffes vom leichtesten Grade bis zur tiefsten Intensität erzwungen werden. Die zwischen den einzelnen Kochakten eingefügte Pause von einer Minute soll der heifsen Farblösung noch längere Einwirkung zu besserem Erfolge verstatten!

Die Umständlichkeit dieses Verfahrens und die sehr mangelhaften Ergebnisse, welche Kursanfänger mit ihr zu erzielen

Digitized by Google

pflegten, brachte den Wunsch nahe, ein Verfahren ausfindig zu machen, welches zum selben Ziele auf leichterem und gewisserem Wege schritte. Die Einfachheit des Hauserschen Verfahrens bewog zu einem Versuche, und die häufig erzielten günstigeren Erfolge reizten zu weiterer Empfehlung! Aufserdem war diese Feststellung von theoretischem Interesse! Wenn es sich nämlich wirklich so verhielte, wie Günther berichtet, dafs zur Aufnahme des Farbstoffes die Bakteriensporen nur ganz allmählich durch wiederholte Kochakte bewogen werden könnten, so war nicht einzusehen, wie einmaliges schnelles Aufkochen überhaupt jemals so schöne, intensive Kontrastfärbungen erzielen konnte, wie ich sie jedenfalls beim Milzbrand und einigen Kartoffelbazillen häufig erlebte.

Damit war die Frage nach den wirksamen Unterschieden in beiden Methoden gegeben!

Abgesehen von dem hier einmaligen, dort häufigen Aufkochen unterscheidet sich das Hausersche von dem durch Günther empfohlenen Verfahren in doppelter Weise. Zunächst einmal in der Art des Kochens. Gegenüber der Güntherschen Tiegelanwendung findet bei Hauser das Kochen der Farbflüssigkeit direkt auf dem Deckglase statt, und es ist nicht ausgeschlossen, dafs hierbei eine höhere Erwärmung des dem Glase unmittelbar anliegenden Sporenmaterials in fördernder Weise zur Geltung kommt.

Ein zweiter Unterschied ist in der Zusammensetzung der Entfärbungsflüssigkeiten gelegen. Während bei dem von Günther empfohlenen Verfahren 3% Salzsäurealkohol zur Anwendung gelangt (100 ccm Alkohol absolutes, 3 ccm Salzsäure), setzt sich die Entfärbungsflüssigkeit bei der Hauserschen Methode, wie sie im Grundrifs der Bakteriologie von Lehmann-Neumann modifiziert ist, zusammen aus 100 g 90proz. Alkohols, 200 g destillierten Wassers und 20 Tropfen reiner Salzsäure, so dafs eine nur ca. $^1/_3$proz. Säurelösung entsteht. (Die ursprüngliche Hausersche Vorschrift, mitgeteilt in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Bd. V, S. 97, 1888, sah 25proz. Schwefelsäure als Entfärbungsflüssigkeit vor.)

Digitized by Google

Im Verlaufe meiner Untersuchungen gewann ich den Eindruck, als ob diesem zweiten Differenzpunkte entscheidende Bedeutung zukäme, und als ob das bessere Resultat bei den nach Hauser behandelten Präparaten wesentlich der zur Entfärbung verwendeten schwächeren Säure zugeschrieben werden müfste. Ich glaubte direkt beobachten zu können, dafs unter dem Einflufs des 3proz. Salzsäurealkohols der Güntherschen Vorschrift eine Wiederentfärbung der bereits gefärbten Sporen einträte, um so sicherer, je länger derselbe zur Einwirkung gelangte. Ist diese Beobachtung richtig — und spätere Prüfungen haben sie sichergestellt, — so läfst sich leicht einsehen, warum so häufig auch bei den übrigen Färbungsmethoden Mifserfolge zu verzeichnen sind. 5—25proz. Schwefelsäure, oder 20—30proz. Salpetersäure, wie sie z. B. die Verfahren von Möller, Marx, Aujeszky, Fiocca — und nach der ursprünglichen Vorschrift auch das von Hauser — verwendeten, sind entschieden von zu starker Wirkung.

Ich möchte an dieser Stelle einige Färbungsversuche einschalten, aus denen erhellt, dafs wenigstens bei Milzbrandsporen die Aufnahme des Farbstoffes nicht so schwer zu erzielen ist, wie von manchen Autoren, z. B. Fiocca und Aujeszky, behauptet wird. Eine Abgabe des aufgenommenen Farbstoffes tritt aber, wie sich gleichfalls zeigt, ebenso leicht wieder ein.

(Siehe Tabelle I auf S. 258.)

Es ist allerdings möglich, auch unter Anwendung so konzentrierter Säurelösungen gute, ja tadellose Kontrastfärbungen zu erreichen, besonders wenn die vorhergegangene Färbung durch Länge der Zeit und Höhe der Temperatur recht eindringlich gewirkt hatte. Aber ein günstiges Resultat ist hierbei nicht das sichere Ergebnis genau — auch dem Anfänger — mitteilbarer Handlungen, sondern es beruht zum Teile wenigstens in dem Übungsgefühle des Praktikers. Mafsgeblich und nicht genau bestimmbar ist dabei die Zeit der Einwirkung.

So gelang es mir z. B. mit dem Hauserschen Verfahren bisweilen schöne Bilder zu erzielen, obwohl ich mich zu Anfang noch des stärkeren, nämlich 3proz. Salzsäurealkohols bediente.



Digitized by Google

Tabelle I.

| Material | Verfahren | Ergebnis |
|---|---|---|
| Milzbrand | Karbolfuchsin kalt Wasser 5 Minuten. | Sporen vereinzelt gefärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht Wasser. | Sporen grofsenteils intensiv gefärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. Alkohol (33%) kurze Zeit Wasser. | Sporen grofsenteils intensiv gefärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. $^1/_3$% salzs. Alkohol (33%) kurz Wasser. | Sporen zum Teil entfärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. 3% salzs. Alkohol kurz Wasser. | Sporen zum Teil entfärbt. Fäden blasser. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht 3% salzs. Alkohol 5 Minuten Wasser. | Sporen entfärbt. Fäden blafs gefärbt |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. $^1/_3$% salzs. Alkohol (33%) kurz Wasser. Löffler 3 Minuten kalt. | Sporen intensiv rot. Fäden blau. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. 3% salzs. Alkohol 5 Minuten Wasser. Löffler 3 Minuten kalt. | Sporen ganz oder fast farblos. Fäden blau. |

Die Färbung gelang jedoch nicht allemal und mit einiger Regelmäfsigkeit nur dann, wenn die Einwirkungszeit des sauren Alkohols auf ein Minimum beschränkt wurde. Bei aufgedrehtem Wasserhahn wurde das Präparat schnell mit der Entfärbungsflüssigkeit überschüttet und dann sofort energisch abgespült. Die Einwirkungszeit beschränkte sich also auf Sekunden, ja Bruchteile davon. Bei irgend erheblicher Verlängerung derselben gab es bisweilen Versager.

Später zog ich den $^1/_3$proz. Säurealkohol nach Lehmann-Neumann heran und erkannte sehr bald, dafs die mit ihm erzielten Resultate immer bessere und gleichmäfsigere wurden. Diese Tatsache bewog zu schrittweiser Verminderung des Säurezusatzes und schliefslich zu völliger Fortlassung desselben. Die Resultate litten dabei nicht im geringsten. Selbst bei ganz kurzer Einwirkung des säurefreien ca. 33proz. Alkohols wurden

Digitized by Google

schöne Kontrastfärbungen erzielt. Es ist nur nötig, da eine vollkommene Entfärbung der mit Karbolfuchsin tingierten Bazillen auf diesem Wege nicht erreicht wird, die Gegenfarbe ein wenig länger kalt oder aber in erwärmtem Zustande zur Anwendung zu bringen. Die Klarheit und Schönheit des Kontrastes läfst dann nichts zu wünschen übrig. Die Farben Blau und Rot erscheinen völlig rein und es tritt also nicht — wie ich anfänglich glaubte — eine Überfärbung oder Mischfärbung der noch zum Teil fuchsingefärbten Bazillen ein. Vielmehr verdrängt das Löfflersche Blau zunächst den roten Farbrest aus den Stäbchen und Fäden, um sich dann erst an seine Stelle zu setzen. Ganz ähnlich wird bei Vorfärbung mit Loefflerschem Blau durch nachträglich einwirkendes Vesuvin oder Safranin eine Verdrängung des ersten Farbstoffes bewirkt.[1])

Diese Verdrängung und Wiederfärbung erfordert natürlich eine gewisse Zeit und daraus erklärt sich wohl auch die Beobachtung, dafs kurzes Einwirken der erwärmten Gegenfarbe die Bazillen zum Teil unrein, gemischt gefärbt erscheinen läfst. Die kalte Nachfärbung verdient daher bei weitem den Vorzug.

Alle die obenerwähnten Versuche waren mit sporentragenden Milzbrandbazillen unternommen worden, deren Sporen sich in der Tat nach Ausweis der vorstehenden Tabelle sehr leicht auch ohne besondere Vorsichts- oder Gewaltmafsregeln färben lassen. Bei anderen Bakterienarten, z. B. einigen Kartoffelbazillen, liefs indessen dieses einfache modifizierte Hausersche Verfahren im Stich, und auch bei Milzbrandsporen wollte es den Teilnehmern am bakteriologischen Kursus nicht gelingen, mit seiner Hilfe brauchbare Präparate zu erhalten.

Es war mir nun daran gelegen, durch Versuche festzustellen, ob nicht vielleicht durch Vorbehandlung mit irgend welchen Chemikalien die Färbung der Sporen derart erleichtert werden konnte, dafs zu ihrer Darstellung ein ganz kurzes, wenig schwieriges Verfahren, gleich dem oben beschriebenen genügte. Eine Schädigung des Bakterienmaterials sollte dabei nach Möglichkeit vermieden werden.

1) Friedländer-Eberth, Mikroskopische Technik, 1894, S. 181.



Digitized by Google

Der Gedanke, durch Einwirkenlassen von chemischen oder physikalischen Agentien den Widerstand der Spore zu brechen, liegt nahe und ist nicht neu. Bereits Buchner[1]) ermittelte 1884, dafs höhere Temperatur, trocken oder feucht für längere Zeit zur Geltung gebracht, konzentrierte Schwefelsäure und Kalilauge die renitente Spore gefügig machen! Nur haftet seinen Methoden — von der teilweisen Umständlichkeit und Langwierigkeit ganz abgesehen — leider das Üble an, dafs unter der Energie dieser Behandlung der weniger robuste Bakterienleib erheblich leidet — und somit ein wesentlicher Teil der beabsichtigten Wirkung, die Kontrastfärbung nämlich, grofsenteils verloren geht.

Auch Möller[2]), der durch Maceration mit Chlorzinkjod oder noch besser mit 5proz. Chromsäure eine Beeinflussung der Spore im färberisch günstigen Sinne erzielte, mufste die unangenehme Erfahrung machen, dafs eine Schädigung der Bazillensubstanz bis zur Vereitelung des gewollten Zweckes nicht immer vermieden werden konnte.

In ähnlicher Weise haben Fiocca[3]) (1893) und Aujeszky[4]) (1898), dieser durch Vorbehandlung mit $^1/_2$proz. Salzsäure, jener durch Vereinigung des Farbstoffes mit 10proz. Ammoniaklösung, das Ziel zu erreichen gesucht, ohne dafs ihre Methoden sich durch besondere Einfachheit und Erfolggewifsheit auszeichneten. Ein Verfahren, das wie das Fioccasche 10—15 Minuten braucht, »um sehr widerstandsfähige Sporen, wie die des Milzbrands, welche bereits die Bazillen verlassen haben,« zu färben, kann sich besonderer Vorzüge nicht rühmen.

Mein eigener Versuch in dieser Richtung begann mit der Durchprüfung einer ganzen Reihe chemischer Agentien, besonders Alkalien und fettlösender Substanzen. Äther, Ätheralkohol, Ammoniak, Ammoniakalkohol, Chloroform, Aceton, Formalin und andere wurden in Glasschälchen kalt während der Dauer

1) H. Buchner, Ärztl. Intelligenzbl., 1884, Nr. 33, S. 370.

2) Möller, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 10, 1891, Nr. 9.

3) Fiocca, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 14, 1893, S. 9.

4) Aujeszky, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 23, 1898, S. 329.

Digitized by Google

von fünf Minuten auf Deckgläschen, die mit Sporenmaterial beschickt und dann fixiert waren, einwirken gelassen. Die Beobachtung einer längeren Beeinflussung erübrigte sich, da es mir für meinen Zweck nur darum zu tun war, ein in kürzester Zeit zum Ziele führendes Verfahren ausfindig zu machen.

Irgend ein praktisches Ergebnis erreichten diese Versuche nicht, in keinem Falle war ein fördernder Einfluſs gegenüber dem Kontrollpräparate mit Deutlichkeit erkennbar geworden.

Allerdings konnte dem Formalin, im flüssigen sowohl wie im gasförmigen Zustande, eine gewisse Einwirkung auf die Spore nicht abgesprochen werden, eine Begünstigung der Kontrastfärbung lieſs sich jedoch nicht konstatieren. Das Resultat war meistens eine Mischfärbung der Bakterien sowohl wie der Sporen.

Ich habe dieses Verhalten, weil auſserhalb meines Interesses liegend, nicht weiter verfolgt, doch scheint es sich nach dem Beobachteten um eine so weitgehende Veränderung der Spore zu handeln, daſs der normalerweise zwischen ihr und dem Bakterienkörper bestehende Widerstandsunterschied entfärbenden Substanzen gegenüber vollkommen aufgehoben wird. Eine Kontrastfärbung ist unter solchen Umständen natürlich unmöglich!

Dem erstrebten Ziele hatte mich also keiner der eben erwähnten Versuche näher gebracht! Erst als ich — und zwar ganz zufälliger Weise, — das Platinchlorid in Verwendung nahm, fiel mir bei einem Kartoffelbazillus die unvergleichlich viel schönere, intensivere und allgemeinere Färbung der Sporen bei dem so vorbehandelten Objekte gegenüber dem Kontrollpräparat nach Hauser auf. Die weiteren Versuche bestätigten diese erste Beobachtung durchaus! Die Resultate wurden bei allen Sporenarten nach ganz kurzem, technische Geschicklichkeit in keiner Weise erforderndem Verfahren mit Sicherheit gut und gleichmäſsig. — Ich habe im Verlaufe sehr zahlreicher Färbungen an verschiedenstem Material — abgesehen von einem Wurzelbazillus, der sich später als degeneriert herausstellte — überhaupt keinen Versager erlebt. Und auch im bakteriologischen Kursus erzielte jeder der Teilnehmer gleich beim ersten Versuche ein brauchbares Präparat.

Digitized by Google

Das Verfahren gestaltet sich nun — kurz zusammengefafst — in folgender Weise:

1. Anfertigen des Präparates.
2. Lufttrocken werden lassen.
3. Dreimal durch die Flamme ziehen.
4. Bedecken des Deckglases mit 1proz. Platinchloridlösung und Erhitzen bis zu einmaligem Aufkochen über der kleinen Bunsenflamme.
5. Abspülen mit Wasser — Trocknen zwischen Fliefspapier.
6. Auftröpfeln der Farbflüssigkeit in reichlicher Menge (Karbol-Fuchsin oder Loefflers Methylenblau) und schnelles Erhitzen über der kleinen Flamme bis zu einmaligem Aufkochen.
7. Abgiefsen der Farblösung.
8. Übergiefsen (ohne vorher mit Wasser abzuspülen) mit ca. 33proz. Alkohol und sofortiges gründliches Abspülen unter der Leitung.
9. Trocknen (zwischen Fliefspapier oder an der Luft).
10. Betröpfeln mit der Kontrastfarblösung (Methylenblau und Loefflers Methylenblau nach Karb.-Fuchsin; Safranin, Vesuvin oder Fuchsin nach Loeffler) und Einwirkenlassen derselben 3 Minuten lang kalt (oder einige Sekunden schwach erwärmt).
11. Abgiefsen, Abspülen mit Wasser.
12. Trocknen zwischen Fliefspapier und Einschliefsen in Balsam.

Der ganze Vorgang vom Durchziehen des lufttrocknen Präparates durch die Flamme bis zur Fertigstellung erledigt sich in höchstens 5 Minuten, und schon in 2 Minuten lassen sich, wenn man unter schwacher Erwärmung nachfärbt, brauchbare Kontrastfärbungen erhalten. Das bedeutet gegenüber den sonst gebräuchlichen Verfahren eine nicht unbeträchtliche Zeitersparnis.

Die Verwendung des Loefflerschen Methylenblaus zur Färbung der Sporen erscheint mir — obwohl der Kontrast gegenüber Vesuvin, Safranin und auch Fuchsin zum Teil sehr schön ausfällt

Digitized by Google

— deswegen nicht besonders empfehlenswert, weil die Beständigkeit der Farbe nach Ausweis meiner Versuche eine nur geringe ist. Bereits nach 2—3 Tagen zeigten vorher sehr dunkel gefärbte Sporen ein viel lichteres Blau und nach einer Woche war die Farbe oftmals kaum noch erkennbar. Demgegenüber zeigten die mit Karbol-Fuchsin gefärbten Sporen eine bedeutend bessere Haltbarkeit. Ich habe eine gröfsere Anzahl solcher Präparate fast 14 Tage lang dem Lichte ausgesetzt, ohne dafs ein Nachlassen der Färbungsintensität in erheblicherem Grade erkennbar gewesen wäre.

Da ich in der Mehrzahl der Fälle Milzbrandsporen zur Anwendung gezogen hatte, so konnte bei der erwähnten leichten Färbbarkeit dieses Materials die Frage entstehen, ob denn überhaupt dem Platinchlorid irgend eine den Erfolg erleichternde Wirkung zukäme.

Dieser Zweifel behob sich jedoch schnell! Schon der erwähnte Kartoffelbazillus liefs einen deutlichen Unterschied erkennen. Noch klarer aber ergab sich die Einwirkung des Platinchlorids aus zwei weiteren Beobachtungen.

Während bei einer grofsen Anzahl von Präparaten prachtvolle Kontrastfärbung eingetreten war, erschienen plötzlich einige, in welchen die Sporen nicht rot, sondern wie die Bazillen — nur intensiver — blau gefärbt waren. Eine Erklärung dieses Vorkommnisses wurde bei genauerer Prüfung darin gefunden, dafs bei den versagenden Präparaten zur Entfärbung versehentlich der 3proz. Salzsäure-Alkohol — und zwar etwas länger einwirkend — zur Verwendung gekommen war. Unter dieser Behandlung entfärbten sich die vorher gefärbten Sporen und unter dem noch vorhandenen Einflufs des Platinchlorids nahmen dieselben sehr intensiv die Kontrastfarbe auf. Ohne Vorbehandlung mit Platinchlorid tritt unter den gleichen Bedingungen etwas Derartiges nicht ein, längere (nicht zu lange) Einwirkung einer stärkeren Säurelösung entfärbt eben einfach die Sporen und läfst sie blafs im Präparate erscheinen.

Dieser Satz bedarf allerdings einer Einschränkung nach zwei Seiten! Auch ohne Platinchloridvorbehandlung kann man

Digitized by Google

— wie schon Aujeszky erwähnt — eine Färbung der Sporen in der Gegenfarbe erzielen. Es bedarf dazu nur der noch längeren Einwirkung (etwa 5 Minuten) einer stärkeren Säure! Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Buchnerschen und Möllerschen Verfahrens ist dieses Verhalten durchaus begreiflich. Die entfärbende Säure wirkt eben, länger verwendet, macerierend auf die Sporenmembran ein und macht sie etwa folgenden Färbungseinflüssen leichter zugänglich.

Wird jedoch mit Platinchlorid vorbehandelt, so tritt der Farbenumschlag schon nach viel kürzerer Säureverwendung ein, ohne dafs die macerierende Kraft derselben irgendwie hätte in Tätigkeit treten können.

Freilich ist auch hier die Wirkung der Säure, bzw. die Wirkung der Vor- und Wiederentfärbung nicht ohne Belang — und die bei solchen Versuchen auftretende sehr intensive Färbung der Sporen verdankt beiden Komponenten ihre Entstehung! Das läfst sich deutlich machen durch Beobachtung des Effektes, den kaltes Loefflersches Blau auf Sporenmaterial macht, welches nur mit Platinchlorid vorbehandelt wurde. Eine Färbung der Sporen erreicht man freilich auch hier — die Intensität ist jedoch meist gering und nur die Membran zeigt dunklere Färbung!

Tabelle II.

| Material | Verfahren | Ergebnis |
|---|---|---|
| Milzbrand | Karbolfuchsin 1 mal kochen. 3% salzs. Alkohol 5 Minuten Loeffler 3 Minuten. | Sporen blau (Fäden blau). |
| » | Karbolfuchsin 1 mal kochen. 3% salzs. Alkohol 1/2 Minute, Loeffler 3 Minuten. | Sporen entfärbt (Fäden blau). |
| » | Platinchlorid 1 mal kochen. Karbolfuchsin 1 mal kochen. 3% salzs. Alkohol 1 Minute, Loeffler 3 Minuten. | Sporen tiefblau (Fäden blau). |
| » | Loeffler 5 Minuten kalt. | Sporen ungefärbt geblieben. |
| » | Loeffler 1 mal gekocht. | Sporen leicht blau angefärbt |
| » | Platinchlorid 1 mal kochen. Loeffler 5 Minuten. | Sporen leicht angefärbt, hie und da dunkler. |

Digitized by Google

Viel schöner läfst sich diese Sporenkaltfärbung, die den besten Beweis für die tatsächliche Wirksamkeit des Platinchlorids liefert, mit Hilfe des Karbolfuchsins nachweisen. 5 Minuten Einwirkung erzeugen bei diesem Verfahren eine sehr gleichmäfsige und intensive Färbung, sogar bei den Sporen besonders widerstandsfähiger Kartoffelbazillen.

Tabelle III.

| Material | Verfahren | Ergebnis |
| --- | --- | --- |
| Milzbrand | Karbolfuchsin kalt 5 Minuten<br>Alkohol 33% kurz<br>Loeffler 3 Minuten | Sporen nur vereinzelt<br>rot gefärbt<br>Bazillen blau |
| Milzbrand | Platinchlorid 1 mal aufkochen<br>Karbolfuchsin kalt 5 Minuten.<br>Allhohol 33% kurz<br>Loeffler 3 Minuten | Sporen fast durchweg sehr<br>intensiv rot gefärbt<br>Bazillen blau |
| Megatherium | do. | do. |
| Milzbrand | Platinchlorid<br>Karbolfuchsin<br>(Alkohol 33% kurz)<br>Loeffler<br>} kalt je 5 Minuten | Sporen durchweg rot<br>angefärbt, zum Teil<br>intensiv<br>Bazillen blau |

Das letzte Beispiel zeigt, dafs unter Verwendung von Platinchlorid bei etwas längerer Einwirkung der Färbungsflüssigkeit eine Sporenfärbung selbst bei durchweg kaltem Verfahren erreichbar ist.

Welcher Art dieser günstige Einflufs des Platinchlorids bei der Sporenfärbung ist, möchte ich nicht mit Sicherheit entscheiden. Herr Professor Bonhoff war der Meinung, dafs es sich hierbei um eine katalytische Wirkung handeln könnte. In Verfolgung dieses Gedankens regte er die Prüfung noch anderer Katalysatoren, insbesondere des Kupfersulfats und des Kollargols an. Beide Substanzen wurden in verschiedener Konzentration zur Anwendung gebracht, und es zeigte sich in der Tat, dafs auch durch sie die Sporenfärbung in günstiger Weise beeinflufst wurde. Doch erwies sich, meinem persönlichen Eindrucke nach das Platinchlorid im allgemeinen als überlegen.

Digitized by Google

Diese Rangordnung liefs sich am besten bei dem Versuche der Kaltfärbung erweisen, indem durch Platinchlorid bei gleicher Einwirkungsdauer des Farbstoffs intensivere und allgemeinere Färbung erzielt zu werden pflegte.

Entsprechende Versuche mit Wasserstoffsuperoxyd, welches Adolf Müller 1891 als Entfärbungsflüssigkeit anstatt der Säure herangezogen hatte, fielen völlig negativ aus. Zur Verwendung kamen 30proz. und 3proz. Wasserstoffsuperoxyd.

Die Wirkung des Platinchlorids, des Kupfersulfats und Kollargols auf die Färbbarkeit der Endosporen ist mit günstigem Erfolge an den nachstehenden Bakterienarten geprüft worden:

Milzbrand,
Heubazillus,
Verschiedenen Kartoffelbazillen,
Megatherium,
einem nicht näher bestimmten sporentragenden kurzen Bazillus,
Tetanus,
Rauschbrand,
Botulinus.

Von allgemeinerem Interesse bei diesen Versuchen ist vielleicht die Tatsache, dafs Sporen eine Färbung gar nicht so schwer annehmen, als gemeinhin behauptet wird. Und dafs — ebenso im Widerspruch zu der gewöhnlichen Ansicht — eine Abgabe des aufgenommenen Farbstoffes schon bei ganz geringem Säuregehalt der Entfärbungsflüssigkeit sehr leicht eintritt. Die Annahme einer besonderen Säureresistenz der Bazillensporen, welche in alle Lehrbücher übergegangen ist, trifft jedenfalls nur in sehr geringem Umfange zu. Es erscheint mir nach meinen Versuchen als sicher, dafs ein grofser Teil der Fehlresultate bei Sporenfärbungsversuchen einfach auf die Säureanwendung zurückzuführen ist. Diese Gefahr läfst sich durch gänzliche Beiseitelassung eines Säurezusatzes leicht vermeiden, ohne dafs der Schönheit einer Kontrastfärbung dadurch irgendwie Abbruch getan würde.

---

Digitized by Google

# Einige Hände-Desinfektionsversuche mit Sublamin-Acetonlösungen.

Von

Dr. E. Thesing,

Assistenten der Abteilung.

(Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie in Marburg a/L. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Von meinem Vorgänger, Herrn Dr. Engels sind im hiesigen Institute eine Reihe von Händedesinfektionsversuchen mit Sublamin (Quecksilbersulfat-Äthylendiamin) ausgeführt worden, als deren wesentliches Ergebnis sich die Überlegenheit der alkoholischen Lösungen über die wässerigen, und der Vorrang der 2‰igen alkoholischen Lösung vor der entsprechenden 1‰igen und 3‰igen herausgestellt hat.

Die Bezeichnung einer 1-, 2- oder 3‰igen Lösung entspricht bei den alkoholischen Mischungen — wie die Angaben Dr. Engels zeigen — nicht dem Sachverhalt. Tatsächlich gelöst werden bei diesen Mischungen nur geringe, nicht sicher bestimmte Mengen des verwendeten Sublamins, und bei längerem Stehen ergibt die klare über dem rötlichen Niederschlag stehende Flüssigkeit, auf Schwefelwasserstoffzusatz nicht mehr die geringste Quecksilberreaktion.

Da nun als weiteres Ergebnis der Engelsschen Arbeiten die Erkenntnis sich befestigt hat, dafs Kombinationen von Desinfektionsmitteln eine intensivere Wirksamkeit entfalten können

Digitized by Google

als die einzelnen Komponenten für sich, so war die Frage berechtigt und gegeben, ob nicht durch eine — irgendwie erreichte — stärkere Löslichkeit des Sublamins in Alkohol bzw. in einer anderen schwach desinfizierenden Flüssigkeit, die Wirksamkeit solcher Kombinationen noch erhöht werden könnte.

Der zweite Teil dieser Frage lag den wenigen nachstehend verzeichneten Desinfektionsversuchen zugrunde. Die geringe Anzahl derselben erklärt sich aus dem Umstand, dafs verschiedene Plattenserien von der Berücksichtigung ausgeschlossen werden mufsten, da eine starke Überwucherung mit Kartoffelbazillen das Ergebnis bis zur Unkenntlichkeit verschleierte. Ein Ersatz der ausgefallenen Versuche durch neue erübrigte sich aber angesichts der ungünstigen Erfolge, welche die gestellte Frage schon für sich im negativen Sinne genügend beantworteten.

Auch in den nachfolgend zur Beurteilung herangezogenen Versuchen machte sich die Verunreinigung durch widerstandsfähige Kartoffelbazillen oft störend genug bemerkbar. Eine Abhilfe liefs sich jedoch in gewünschter Weise nicht bewerkstelligen. Selbst 8-stündigem Einwirken von strömendem Dampf (von 100°) gelang es nicht, eine völlige Beseitigung aller Keime zu erwirken. In den angeschlossenen Tabellen ist durch das Zeichen Kt jene Verunreinigung kenntlich gemacht. Im allgemeinen war es trotz ihrer Verschleierung möglich, eine Zählung der übrigen Einzelkolonien zu erreichen, doch gab es Fälle, in denen die Abgrenzung zwischen den einzelnen Stufen: steril, wenig Keime, viele Keime, sehr viele Keime einer Schätzung überlassen werden mufste. Einige Platten erwiesen sich — von der Kartoffelbazillenverunreinigung abgesehen — anscheinend als steril. Für sie ist das Zeichen Kt in Anwendung gekommen.

Die Methode der Untersuchung — einschliefslich der Herstellung des verwendeten Nährbodens — entsprach durchaus der von Dr. Engels genügend beschriebenen.

Das hier in Verwendung gezogene schwach desinfizierende Lösungsmittel war das Aceton. Seine Wirkung ist, wie aus **Tabelle I** hervorgeht, in reinem Zustande schwächer als die des

Digitized by Google

absoluten Alkohols und sie nimmt bei 30% Wasserzusatz noch um ein Bedeutendes ab.

Tabelle 1.

Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.

1. Alkohol absolutus, 2. Aceton (rein), 3. Aceton zu 70%.

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser | | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande | | Abschaben mit scharfem Löffel | |
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | | Keimgehalt des Bades | der Hände | Keimgehalt des Sandes | der Hände | Rechte Hand | Linke Hand |
| Alkohol absolutus | Handoberfläche | ⊖ | ⓡ Schimmel | ⊖ | | ⊖ | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | ⓡ | ⊕ | ⓡ 1 | ⊕ | ⊖ | ⊕ | ⊖ | ⓡ 2 (1 St.) | ⓡ 11 (3 St.) |
| | Unternagelraum | ⓡ 12 | ⓡ 1 | ⊖ | | ⊖ | | ⊖ | | |
| Aceton rein | Handoberfläche | ⊕ | ⓡ | ⊖ Kt | | ⓡ 7 (6 St.) | | ⓡ 6 (8 St.) | | |
| | Nagelfalz | ● Kt | ● Kt | ⊖ Kt | ● | ⊕ | ⊕ | ⓡ 13 (8 St.) | ● | ⊕ |
| | Unternagelraum | ● | ● Kt | ⊖ Kt | | ● | | ⓡ 11 (9 St.) | | |
| Aceton 70% | Handoberfläche | ● | ⓡ | ● Kt | | ⓡ 12 (6 St.) | | ⊕ | | |
| | Nagelfalz | ● | ⊕ 1 | ⊕ | ⓡ 12 (5 St.) | ⊕ | ● | ⊕ | ⊕ Kt | ⓡ 10 (6 St.) |
| | Unternagelraum | ● | ● | ● Kt | | ⊕ | | ● | | |

⊖ = steril, ● = sehr viele Keime (über 80),
ⓡ = wenig Keime (1—20), Kt = Kartoffelbazillus,
⊕ = viele Keime (20—80), St = Staphylokokken.

Bei den weiteren Versuchen mit Sublamin wurde ausschliefslich von diesem 70% Aceton Gebrauch gemacht, weil sich nur auf diese Weise eine stärkere Auflösung des Sublamins erreichen liefs. In reinem Aceton, kalt oder erwärmt, erwies sich das Sublamin als absolut unlöslich. Ein Hineinschütten des in wenig Wasser gelösten Desinfektionsmittels aber in reines Aceton — nach Analogie der alkoholischen Kombination — führte zu völliger Ausscheidung desselben in kristallinischer oder dickflüssiger Form. Nach kurzem Absetzenlassen war in der klaren überstehenden gefärbten Flüssigkeit kein Quecksilber nachweisbar. Löste man das Sub-

Digitized by Google

lamin 1 g mit 1 ccm Wasser im Reagenzglase auf und fügte Aceton in steigenden Mengen hinzu, so war bei einem Verhältnis von etwa 1 Teil Wasser zu 1 Teil Aceton noch eine klare, homogene Beschaffenheit der Flüssigkeit vorhanden, bei weiterem Zusatz jedoch stellte sich Trübung und die Abscheidung einer dickflüssigen Substanz am Boden des Reagensglases ein. Diese dickflüssige Substanz, ungefähr $^2/_3$ ccm an Volumen betragend, enthielt, wie Reaktionsproben zeigten, so ziemlich die Gesamtmenge des vorhandenen Sublamins. Es handelte sich nach meiner Meinung dabei um nichts anderes als um eine eingedickte wässerige Lösung desselben, dadurch zustandegekommen, dafs ein Teil des Wassers sich mit dem Aceton vermischt hatte. Weitere Versuche ergaben, dafs eine ziemlich vollständige Lösung des Sublamins erreichbar war in einem Aceton, das etwa 30% Wasser enthielt. Die Herstellung der im folgenden verwendeten Lösungen wurde nun derart bewerkstelligt, dafs in reines Aceton in geringen Wassermengen gelöstes Sublamin hineingeschüttet wurde. Der sich bildende flüssige Niederschlag wurde sodann durch Zufügen der entsprechenden Wassermenge mittels einer bis zum Boden eingetauchten Pipette gelöst.

Versuche, das Sublamin in gröfserer Menge auch in höherprozentigem Aceton zur Lösung zu bringen, gelangen nicht in verwendbarer Weise. Zusätze von Ammoniak hatten allerdings das Resultat, dafs schon bei sehr viel geringerem Wassergehalt eine anscheinend vollständige Auflösung des Sublamins eintrat, doch machte sich sehr bald — und selbst bei ganz geringem Zusatz (1 ccm auf 500) spätestens in wenigen Tagen — eine vollkommene Ausscheidung des Quecksilbers in metallischer Form bemerkbar. Bei höherem $NH_3$-Zusatz trat daneben bei längerem, tage- bis wochenlangem Stehen eine völlige Veränderung der Flüssigkeit in Farbe und Geruch ein. Es resultierte eine dunkelbraunrote, weniger leicht flüssige und weniger leicht brennbare Substanz von wesentlich abweichendem Geruche. Versuche wurden angestellt mit 1-, 2- und 3proz. Lösungen von Sublamin in 70proz. Aceton. Die sehr wenig günstigen Resultate ergeben sich aus Tabelle II, III und IV.

Digitized by Google

## Tabelle II.

**1 °/₀₀ iges Sublamin-Aceton.**

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände unter Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.**

**Aceton 350 ccm, Wasser 150 ccm, Sublamin 0,5 g.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt d. Badewassers | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sandbade: Keimgehalt d. Sandbades | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sandbade: der Hände | Abschaben der Hände mit steril. scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben der Hände mit steril. scharfem Löffel: Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | Ⓖ 3 | ⊖ | ⊖ | | ⊖ | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | Ⓖ 8 | ⊕ | ⊖ | Ⓖ 15 (8 St.) | Ⓖ 1 St. | ● | ⊖ | ● | ● |
| | Unternagelraum | Ⓖ 8 | ● | Ⓖ 1 Schimmel am Rand | | ⊖ | | ⊖ | | |
| 2. | Handoberfläche | ⊖ | Ⓖ | ⊖ | | ⊖ Kt | | Ⓖ 3 (2 St.) | | |
| | Nagelfalz | ● | ● Kt | ⊖ | Ⓖ 2 (1 St.) | ⊖ Kt | Ⓖ 8 Kt | Ⓖ 7 (3 St.) | Ⓖ 1 St. | ⊕ |
| | Unternagelraum | ● | ● Kt | ⊖ | | Ⓖ 2 (1 St.) | | Ⓖ 6 (2 St.) | | |

## Tabelle III.

**2 °/₀₀ iges Sublamin-Aceton.**

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.**

**Aceton 350 ccm, Wasser 150 ccm, Sublamin 1,0 g.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt d. Badewassers | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sandbade: Keimgehalt d. Sandbades | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sandbade: der Hände | Abschaben mit scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben mit scharfem Löffel: Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | ⊕ | ⊕ 1 | ⊕ | | ⊕ | | ● | | |
| | Nagelfalz | ⊕ | ● | Ⓖ 11 (6 St.) | + | ● | + | + | ⊕ | + |
| | Unternagelraum | ● | ● | ⊕ | | ● | | ⊕ | | |
| 2. | Handoberfläche | ⊕ | Ⓖ 1 | ⊖ Kt | | ⊕ | | Ⓖ 13 (8) | ⊖ Kt | ⊖ Kt |
| | Nagelfalz | ⊖ | Ⓖ | ⊖ Kt | Ⓖ 15 (11 St.) | ● | ⊖ Kt | + | | |
| | Unternagelraum | Ⓖ 5 | Ⓖ | ⊖ Kt | | ● | | ⊖ Kt | | |

Digitized by Google

### Tabelle IV.

**3 ‰iges Sublamin-Aceton.**

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.**

350 ccm Aceton,
150 ccm Wasser,
**1,5 g Sublamin.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt des Bades | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: Keimgehalt des Sandes | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: der Hände | Abschaben mit scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben mit scharfem Löffel: Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | ⊖ | (r) 3 | ⊖ | | + | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | (r) | ⊖ | (r) 1 | (r) 3 (3 St.) | ⊕ | (r) 7 (5 St.) | ⊕ | ● | ● |
| | Unternagelraum | ⊖ | ⊖ | (r) 2 (2 St.) | | + | | ● | | |
| 2. | Handoberfläche | (r) Kt | (r) 15 | (r) 4 (3 St.) | | (r) Kt | | (r) 2 | | |
| | Nagelfalz | + | (r) 6 | (r) 1 Schim. | (r) 1 (1 St.) | ⊖ | (r) 3 (1 St.) | ⊖ | (r) 8 Kt (4 St.) | (r) 11 Kt (7 St.) |
| | Unternagelraum | ● Kt | + Kt | ⊖ | | (r) Kt | | (r) Kt | | |
| 3. | Handoberfläche | (r) Kt | ⊖ | ⊖ | | (r) 1 | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | (r) Kt | (r) 7 | ⊖ | (r) 3 (2 St.) | (r) 3 (3 St.) | (r) 1 (1 St.) | (r) 2 (2 St.) | (r) 2 (1 St.) | (r) 5 (4 St.) |
| | Unternagelraum | (r) Kt | ● | ⊖ | | (r) 5 Kt (4 St.) | | (r) 3 (5 St.) | | |

Tabelle V bringt zwei Versuche, in denen zu einer (nach oben beschriebener Weise zusammengesetzten) 1- bzw. 2 ‰igen Sublamin-Acetonlösung je 1 ccm einer 25 proz. Ammoniaklösung hinzugefügt war. Der Versuch wurde gemacht, bevor eine Abscheidung von metallischem Quecksilber begonnen hatte, in einem Stadium also, in welchem die Gesamtmenge des Sublamins gelöst war. Auch hier sind die Resultate — wie ein Blick lehrt — sehr ungünstige.

Digitized by Google

Tabelle V.

**Sublamin-Aceton 1- und 2‰ mit $NH_3$-Zusatz.**

Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen Apparates.

Modus der Zusammensetzung: 1. Aceton und Wasser, 2. dann Sublamin in wenig Wasser gelöst: flüssiger Niederschlag, 3. zu diesem 1 ccm $NH_3$.

Aceton 350 ccm, Sublamin 0,5 bzw. 1,0 g,
Wasser 150 ccm, $NH_3$ 1 ccm.

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser | | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande | | Abschaben mit scharfem Löffel | |
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | | Keimgehalt des Bades | der Hände | Keimgehalt des Sandes | der Hände | Rechte Hand | Linke Hand |
| 1‰ | Handoberfläche | ⊕ | ⊙ 4 | ⊖ | | ⊙ 1 (1 St.) | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | ⊙ 2 | ⊙ 2 | ⊕ Schim. | ⊙ 6 (4 St.) | ⊙ 2 (1 St.) | ⊕ | ⊖ | ⊕ | ⊕ |
| | Unternagelraum | ⊕ | ⊕ | ⊙ 2 (1 St.) | | ⊙ 5 (3 St.) | | ⊖ | | |
| 2‰ | Handoberfläche | ⊙ 5 Kt | ⊖ | ⊙ 2 (2 St.) | | ⊕ | | ⊕ | | |
| | Nagelfalz | ⊙ 4 | ⊙ 3 | ⊙ 9 Kt (3 St.) | ⊕ | ⊙ 11 Kt (8 St.) | ⊖ Kt | ⊙ 15 (6 St.) | ⊕ | ● Kt |
| | Unternagelraum | ⊙ 6 | ⊙ 3 | ⊙ 2 (1 St.) | | ⊕ | | ⊕ | | |

Schon aus diesen wenigen Versuchen scheint demnach der Schlufs gerechtfertigt, dafs das Aceton kein die Desinfektionswirkung des Sublamins förderndes Lösungsmittel sein kann.



Digitized by Google

# Zur Kasuistik der Gasphlegmone und Schaumorgane.

Von

Dr. G. Werner,
Kreisassistenzarzt in Marburg.

(Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie zu Marburg. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Die gerichtliche Obduktion der Leiche eines Bauernburschen, welcher infolge eines bei einer Rauferei von seinem Gegner erhaltenen Bisses in den Daumen unter den Erscheinungen einer schweren Blutvergiftung zugrunde gegangen war, bot in mancher Beziehung so auffallende Befunde, namentlich bezüglich der Bildung von Gasen in der Leiche, dafs eine bakteriologische Untersuchung des Falls interessant erschien.

Die Ätiologie der als Gasphlegmone, Gasbrand, Gangrène foudroyante bezeichneten Prozesse und der wohl jetzt allgemein als postmortale Erscheinungen angesehenen Schaumorgane und ihre Beziehungen zu den ersteren haben im letzten Jahrzehnt eine eingehende Diskussion in der bakteriologischen Literatur hervorgerufen, und es erscheint nach dem heutigen Stand der Frage sicher, dafs als Erreger dieser Krankheits- und Leichenerscheinungen verschiedene Mikroorganismen in Betracht kommen.

Als deren häufigster ist der anaërobe Bacillus phlegmones emphysematosae Fraenkel in vielen Fällen genau studiert und beschrieben worden. Derselbe, meist kurzweg der »Fränkelsche Gasbazillus« genannt, wurde dann mit dem Bacillus aerogenes capsulatus Welch identifiziert und scheint nach neueren

Digitized by Google

Untersuchungen (Kamen[1]) auch mit dem unbeweglichen Buttersäurebazillus (Granulobacillus buthyricus immobilis Schattenfroh und Grafsberger) identisch zu sein.

Geklärt erscheinen diese Verhältnisse indessen noch keineswegs, weder bezüglich der anderen als Erreger der Gasbildungen angesprochenen Mikroorganismen, noch auch soweit sie die genannte, nach den verschiedensten Seiten hin genauer untersuchte Spezies betreffen. Speziell erscheinen die näheren Bedingungen, unter welchen ein so furchtbar schweres Krankheitsbild beim Menschen durch diese oder doch mit Hilfe derselben hervorgerufen wird, noch durchaus unbekannt, um so mehr, als man in neuerer Zeit in dem anscheinend ganz harmlosen Buttersäurebildner, den Grafsberger und Schattenfroh in 80% aus der Marktmilch zu züchten imstande waren, einen so nahen Verwandten des Fränkelschen Gasbacillus erkannt hat, dafs dieselben nicht mehr mit Sicherheit auseinander zu halten sind.

Unter diesen Umständen erscheint die Untersuchung jedes einzelnen Falles von Gasphlegmone von Bedeutung, selbst wenn sich dieselbe, wie in dem vorliegenden, nur auf nachträgliche Schilderungen des Krankheitsverlaufs und den gelegentlichen Befund bei der Obduktion in einem Bauernhause gründen kann, bei welcher andere Rücksichten im Vordergrunde standen und bakteriologische Untersuchungen in keiner Weise vorgesehen waren. Die Möglichkeit, das geringe, der Leiche entnommene Material bakteriologisch zu verwerten, verdanke ich Herrn Professor Bonhoff, unter dessen Leitung ich die später beschriebenen Untersuchungen auf der hiesigen hygienischen Abteilung ausführen konnte.

Vorgeschichte des Sektionsfalls. Bei einer abends auf der Dorfstrafse vorgekommenen Rauferei zwischen zwei Bauernburschen, bei welcher es im übrigen nur Kontusionen, Abschürfungen, Kratzeffekte und kleine von stumpfen Gegenständen herrührende Quetschwunden des Kopfs gesetzt hatte, war der eine Beteiligte mit dem linken Daumen in den Mund seines

1) Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Originale, Bd. XXXV, Nr. 5 u. 6.



Digitized by Google

Gegners geraten, wobei dieser fest auf denselben bifs und ihn eine Zeitlang festhielt. Erst auf das inständige Bitten des Gebissenen, welcher, wie er später angab, vor Schmerz fast ohnmächtig wurde, liefs er ihn los. — Die unbedeutende Verletzung wurde noch denselben Abend neben anderen kleinen Wunden am Kopf von einem Arzt gesehen und verbunden, welcher wahrscheinlich mehr aus Rücksicht auf die beabsichtigte gerichtliche Anzeige, als wegen der unbedeutenden Verletzungen sofort konsultiert wurde. Derselbe konstatierte eine sehr unschuldig aussehende Bifswunde am Grundglied des linken Daumens, etwa in der Mitte desselben, zwei Zähne auf der einen, einen Zahn auf der entgegengesetzten Seite, welche eben die Oberhaut durchschnitten hatten. Die kleine Wunde wurde sorgfältig gereinigt, verbunden und der Mann angewiesen, beim Auftreten von Schmerz oder Anschwellung sofort wiederzukommen. Aufserdem wurde eine kleine Wunde am Kopf genäht und verbunden, welche in wenigen Tagen glatt heilte.

Am nächsten Tage erstattete der Verletzte persönliche Anzeige bei der Staatsanwaltschaft und entfernte bei dieser Gelegenheit den Verband, welcher dann wieder in der chirurgischen Klinik erneuert wurde.

Am folgenden Tag zeigten sich Schmerzen, Anschwellung der Hand und hohes Fieber.

Am 4. Tag nach der Verletzung mufste wegen Fortschreitens der Entzündung eine Inzision auf der Rückenfläche des Daumens gemacht werden, welche etwas graugefärbten, aufserordentlich übelriechenden Eiter entleerte, der mit Gasblasen durchsetzt war.

Eine weitere Inzision am Daumenballen wurde am folgenden Tage mit dem gleichen Resultat vorgenommen. Eine dritte am siebenten Krankheitstag in der Ellbeuge bis auf die Ulma dringend, da sich beim Bestreichen des Unterarms knisternde Gasblasen bemerklich machten. Eiter kam hierbei nicht zum Vorschein. Eine vierte am 9. Tag auf der Dorsalseite des Unterarms bis auf den Radius, ebenfalls ohne Entleerung von Eiter.

Digitized by Google

Das erste Frösteln trat am 6. Tage auf, Schüttelfrost wurde nicht konstatiert. Puls und Temperatur waren schon in den ersten Tagen ziemlich hoch, letztere stieg bis über 41°. Schon frühzeitig fiel die oberflächliche Respiration auf. In den 3 letzten Tagen zeigten sich Delirien und Schweifse.

Der Tod trat 10 Tage nach der Verletzung ein. Die Sektion wurde nach 35 Stunden vorgenommen.

Obduktionsbefund (im Auszug). Leiche eines grofsen, sehr kräftig gebauten Mannes mit sehr gut entwickelter Muskulatur und reichlichem Fettpolster.

Auf der ganzen Rückenseite weit ausgedehnte, blaurote Totenflecken. An Brust, Oberarmen und Rücken blaurote Streifen in netzartiger Zeichnung, den Blutgefäfsen der Haut entsprechend. Unterleib sowie linke Seite der Brust und des Rückens grünlich verfärbt. An letzterer verschiedene blasenartige, mit trübrötlicher Flüssigkeit gefüllte Abhebungen der Oberhaut. Sehr starker Fäulnisgeruch.

Aus Mund und Nase entleert sich schmutzig-bräunlich gefärbte Flüssigkeit. Am Kopf Spuren verschiedener Hautabschürfungen und Kontusionen.

An verschiedenen Stellen des Körpers, den beiden Schenkeln, dem rechten Arm, bläuliche Flecken, die sich beim Einschneiden als Blutungen unter der Haut erweisen.

Der ganze linke Arm stark geschwollen, besonders Unterarm und Hand. Beim Betasten desselben deutliches Gefühl von Knistern. Diese Erscheinung ist auch bemerkbar im Bereich der linken Schulter, der linken Seite des Brustkorbs und des Halses. Hautfarbe am linken Unterarm und Handrücken dunkelgrün, dazwischen einige bläulich-rote und gelbliche Inseln. Die Haut der Daumengegend, des Handtellers, der inneren Seite des Handgelenks ist schmutzig schwarzbraun verfärbt, die Oberhaut hängt hier in Fetzen herab.

Auf der Rückseite des Daumens in der Richtung des Handwurzelknochens eine 5 cm lange bis auf die Sehnen dringende, weit klaffende, glattrandige Hautdurchtrennung, deren Grund mit schmutzigen, bräunlich schmierigen Massen bedeckt ist.

Digitized by Google

Direkt vor dieser Schnittwunde an der Basis der Grundphalanx eine etwa 6 mm lange, bogenförmige (nach der Fingerspitze konkave) Durchtrennung der Oberhaut, unter welcher sich auch die Lederhaut beim Einschneiden durch blutige Durchtränkung verändert erweist (Zahnabdruck). An dem Endglied ist die Haut noch ohne besondere Veränderungen gut erhalten, dagegen ist dieselbe am Grundglied vielfach abgelöst und brandig verändert, so dafs weitere Einzelheiten sich nicht erkennen lassen.

Am Daumenballen eine weitere Schnittwunde von der Beschaffenheit der oben beschriebenen, ebensolche an der Aufsenseite des Unterarms und in der Gegend der Ellenbeuge.

Bei Einschnitten in die brandigen Partien erscheint die Haut abgestorben, das Unterhautzellgewebe entzündlich gerötet, schmierig, mit graugelblicher Flüssigkeit durchsetzt, in gröfserer Tiefe wieder schwarzbraune Verfärbung und etwas reichlichere Durchfeuchtung mit graugelblich-grüner Flüssigkeit, überall Austreten spärlicher Gasblasen.

Bei der Eröffnung der Schädelhöhle sieht man reichlichere Gasblasen in den Gehirnvenen.

Aus der Bauchhöhle zischt beim Öffnen eine bedeutende Gasmenge, die sich nicht entzünden läfst.

Das Herz ist sehr schlaff, das Endokard durch Fäulnis stark verändert, dunkelbraunrot gefärbt, die Klappen unverändert. Die Muskulatur schlaff, sehr getrübt, Zeichnung verwaschen mit gelblichen Streifen durchsetzt. Die Milz sehr vergröfsert, Gewebe vollständig matsch.

Die Nieren sehr fettreich, Kapseln leicht abziehbar, zeigen schon an der Oberfläche reichliche Gasblasen. Beim Durchschnitt hat man durch Aufsteigen zahlreicher Gasperlen das Bild einer stark moussierenden Flüssigkeit. Die Zeichnung ist völlig verwaschen. Farbe schmutzig-graurot.

Magen und Därme, durch Gase hochgradig aufgetrieben, zeigen starke Fäulnisveränderungen.

Leber verhältnismäfsig trocken, braunrot, ohne jede Gasbildung. Läppchenzeichnung deutlich, Fettablagerung in der Peripherie der Läppchen.

Digitized by Google

Zum Zweck genauerer Untersuchung wurde der brandige Daumen exartikuliert und nebst einem Teil der linken Niere mitgenommen.

Es handelte sich somit in dem vorliegenden Falle um eine von einer geringfügigen Verletzung des Fingers ausgegangene Phlegmone des Arms, bei welcher es nur zu ganz unbedeutender Eiterbildung, aber schon in den ersten Tagen zur Entwicklung stinkender Gase in den Geweben kam. Der Tod erfolgte an allgemeiner Sepsis, und die Sektion ergab neben dem lokalen Befund, brandigen Veränderungen des Arms mit bis auf den Rumpf ausgedehnter Gasbildung in den Geweben, schwere Veränderungen des Herzens, der Milz und der Nieren, bei letzterer noch aufsergewöhnlich starke Gasbildung (Schaumniere).

Auffallend war im Vergleich mit den meisten Fällen von Gasbrand die Geringfügigkeit der Ausgangsverletzung, während es sich bekanntlich gewöhnlich um stark verunreinigte komplizierte Frakturen, schwere Weichteilzerquetschungen oder auch die grofse Fläche des puerperalen Uterus als Eingangspforten für die Erreger der schwer verlaufenden Gasphlegmone zu handeln pflegt. Bei der Obduktion zeigten sich ferner aufsergewöhnlich starke Fäulniserscheinungen trotz der verhältnismäfsig kurzen Frist seit dem Tode und der niedrigen Temperatur der Wintermonate. Schliefslich unterschied sich der Fall bezüglich des Vorhandenseins von »Schaumorganen« dadurch von den meisten sonst beschriebenen, dafs nicht Leber — wie gewöhnlich — und Milz, sondern nur die Nieren eine Gasbildung hohen Grads aufwiesen.

## Bakteriologische Untersuchung.

Aus dem Gewebssaft verschiedener frischer Einschnitte in die Weichteile des Daumens wurden noch am Abend des Obduktionstages gefärbte Ausstrichpräparate gemacht und mikroskopisch untersucht. Dieselben zeigten neben zahlreichen, meist sehr kleinen Kokken nicht sehr reichliche, aber doch in jedem Gesichtsfeld in mehreren Exemplaren vorhandene kräftige Stäb-

Digitized by Google

chen von den Dimensionen der Milzbrandbazillen aber mit abgerundeten Ecken:

1. Von demselben Safte wurden Ausstriche auf schrägem Agar angelegt und

2. Röhrchen mit verflüssigtem Traubenzuckeragar in hoher Schicht mit verschiedenen Verdünnungen beimpft.

Durch ein Versehen war das mitgebrachte Nierenstück mit Formol übergossen worden, doch wurde dasselbe nach ganz kurzer Einwirkung wieder gründlich entfernt und ein Versuch gemacht, trotzdem aus dem Innern des Organs etwas Gewebssaft zu Kulturzwecken zu verwenden, indem derselbe ebenfalls in verflüssigtem Traubenzuckeragar in hoher Schicht eingeimpft wurde.

3. Am anderen Morgen wurden ferner aus dem Gewebssaft des Fingers und der Niere Traubenzuckeragarplatten mit Verdünnungen angelegt und in der Botkinschen Wasserstoffglocke bei Brüttemperatur aufgestellt.

4. Schliefslich brachte ich zwei Meerschweinchen ($M_1$ und $M_2$) etwa kleinbohnengrofse Stückchen aus dem Unterhautzellgewebe des Fingers und den inneren Teilen der Niere in eine tiefe Bauchhauttasche, welche durch Naht verschlossen wurde.

Die Resultate dieser Versuchsanlagen waren folgende:

ad 1. Auf den unter aëroben Verhältnissen bei Brüttemperatur gehaltenen Agarausstrichen waren schon nach 24 Stunden drei Arten von Kolonien gewachsen:

a) Sehr zahlreiche kleine glänzende tröpfchenartige Kolonien, welche sich als Kokken und beim Wachstum in Bouillon als in langen Reihen wachsende Streptokokken darstellten. Anscheinend Streptococcus pyogenes.

b) Vereinzelte, kräftig wachsende, in den nächsten Tagen deutlich gelb gefärbte Kolonien von Traubenkokken. Anscheinend Staphylococcus pyogenes aureus.

c) Mäfsig zahlreiche, grauweifse, breite, flache Kolonien mit verwachsenen Rändern aus wenig beweglichen kurzen und schlanken

Digitized by Google

Stäbchen bestehend. Dieselben erwiesen sich bei genauerer Untersuchung gramnegativ, bildeten in Traubenzuckeragar Gas, verflüssigten die Gelatine nicht und erinnerten sehr an Bacterium coli, unterschieden sich jedoch bei der Züchtung auf verschiedenen Nährböden (z. B. Neutralrotagar, Milch, Kartoffel) sowie durch fast vollständiges Ausbleiben der Nitrosoindolreaktion deutlich von demselben. Mit Serum von Paratyphus A und B zeigten sie noch bei einer Verdünnung von 1 : 1000 deutliche Agglutination.

Diese drei Bakterienstämme wurden in Reinkulturen auf verschiedenen Nährböden weitergezüchtet.

ad 2. In den Traubenzuckeragarröhrchen zeigte sich schon nach 15—20 Stunden bei Brüttemperatur Bildung zahlreicher Kolonien in der ganzen Agarsäule sowie Auftreten von reichlichen Gasblasen in einem Teile derselben. Sie wurden zunächst zurückgestellt, da die Kolonien auf den Platten leichter zugänglich waren.

ad 3. Während die mit Material aus der Niere beschickten Platten unter anaëroben Bedingungen überhaupt steril blieben, zeigte sich auf den mit Gewebssaft aus dem Finger geimpften ein reichliches Wachstum von Kolonien, die auf den aërob gehaltenen Röhrchen nicht vorhanden waren. Sie fanden sich in der Originalplatte in sehr grofsen Mengen, Kolonie dicht neben Kolonie, so dafs es sich fast um eine Reinkultur zu handeln schien. An der Oberfläche und besonders an der Unterfläche des Agars breiteten sich dieselben in grauweifser, granulierter Schicht bis zu einem Durchmesser von 1—2 mm aus, während sie in der Agarschicht als bei auffallendem Licht glänzend weifse, bei durchfallendem dunkle, anfangs wetzsteinförmige, später unregelmäfsig gestaltete mit astförmigen Ausläufern versehene kleine Kolonien in Erscheinung traten. Sie bestanden aus grofsen kräftigen Stäbchen (d) ohne Eigenbeweglichkeit, die sich nach Gram gut, mit anderen Farben ebenfalls, wenn auch etwas zögernd färbten.

Aufser diesen Kolonien fanden sich noch vereinzelte Staphylokokkenkolonien wie oben b).

Digitized by Google

Die Platten zeigten einen intensiven Geruch nach Buttersäure. Gasbildung war auf ihnen nicht zu bemerken.

Beim Versuch, die Stäbchen rein zu züchten, stellte es sich heraus, dafs sie auf den gevöhnlichen Nährböden unter aeroben Verhältnissen überhaupt nicht wuchsen. Auch Impfstiche in hohem Traubenzuckeragar zeigten zunächst keine Entwicklung. Nur nach Verteilung von aus den Kolonien der Platte entnommenem Material in verflüssigten Traubenzuckeragar in hoher Schicht bildeten sich in der Tiefe die gewünschten Kolonien, während die Oberfläche durch Kokken überwuchert wurde. Ich glaubte den Grund dieser Mifserfolge in der Beschaffenheit des schon älteren Nährbodens suchen zu dürfen und versuchte Weiterzüchtungen auf neu bereitetem, etwas weniger Agar und mehr Zucker enthaltendem Traubenzuckeragar. Nach Zerschlagen des Röhrchens gelang es mit Sicherheit, die tief liegenden Kolonien, welche aus den gesuchten Stäbchen bestanden, isoliert abzuimpfen, und ich erhielt dadurch sowohl in Ausstrichen auf unter Wasserstoff gehaltenen Platten, als in Impfstichen in hohem Zuckeragar reichliches Wachstum in Reinkultur. Sowohl in letzterem als in Schüttelkulturen in verflüssigtem Zuckeragar kam es schon nach 24 Stunden zu hochgradiger Gasbildung, durch welche die Agarsäule zerrissen und bis an den Wattepfropfen getrieben wurde. Trieb man durch Schleudern der Röhrchen die Bruchstücke der Agarsäule wieder zusammen, so dafs die dazwischen angesammelten Gasmassen entweichen mufsten, so bemerkte man deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Auf den unter Wasserstoff gehaltenen Platten kam es bei diesem Nährboden häufig, wenn auch nicht immer, zur Gasbildung mit blasiger Abhebung der Schicht, immer aber zeigte sich intensiver Geruch nach Buttersäure.

Unter diesen Umständen erschien es wahrscheinlich, dafs es sich bei diesem streng anaeroben, gasbildenden Stäbchen (d) um den Fränkel-Welchschen Gasbazillus handle.

ad 4. Das mit frischem Leichenmaterial ausgeführte Tierexperiment fiel bezüglich einer Erkrankung der Versuchstiere durchaus negativ aus. Die beiden Meerschweinchen ($M_1$ und $M_2$)

Digitized by Google

blieben vollständig gesund. Es bildete sich nach etwa vier bis fünf Tagen eiue kleine sezernierende Fistel an der Impfstelle, aus welcher anscheinend später das eingeführte Material ausgestofsen wurde, wonach völlige Heilung eintrat. In dem Sekret der Fistelöffnung waren keinerlei charakteristische Bestandteile zu finden gewesen.

## Tierversuche mit Reinkulturen.

Um über die etwaige Beteiligung der vier aus dem Gewebssaft des erkrankten Körperteils gezüchteten Bakterienstämme an dem Zustandekommen des schweren Krankheitsbildes Aufklärung zu bekommen, wurden dieselben sofort nach der Isolierung in Reinkulturen einzeln und kombiniert auf Versuchstiere übertragen:

### 1. Versuch.

Subkutane Impfung von etwa $^1/_{100}$ Öse einer 24stündigen, sehr kräftig gewachsenen Agarkultur von a) (Streptococcus pyogenes) auf eine Maus und ein Kaninchen bewirkten keine Erkrankung. Das lokale Infiltrat war nach etwa 8 Tagen verschwunden.

### 2. Versuch.

Meerschweinchen 3. Schwaches Tier. Subkutane Injektion am Bauch von etwa 0,5 ccm Flüssigkeit aus einer Traubenzuckeragar-Stichkultur von d) (Gasbazillus?). Nach 24 Stunden breites Infiltrat. Tier schwerkrank. Nach 2 Tagen etwas munterer. Unter der weit abgehobenen, verdünnten Bauchhaut schwappende Flüssigkeitsansammlung mit Gasblasen. In derselben befinden sich nach vorsichtiger Punktion mit einer Glaskapillare wenige Eiterkörperchen, die Stäbchen in grofsen Mengen, aber in bröckligen, unregelmäfsig gefärbten und gestalteten Degenerationsformen, vereinzelte in den Eiterzellen eingelagert. Am Morgen des dritten Tages tot.

Sektionsbefund: Unter der Bauchhaut, welcher die Haare fehlen, bis über den Thorax und an die Flanken reichende schwappende Flüssigkeitsansammlung. Nach Eröffnung zeigt sich dieselbe trübrötlich, gashaltig, nicht übelriechend. Das Unterhautzellgewebe gerötet, die Bauchmuskulatur in eine weiche, schmierige, gelbrote Masse verwandelt. An den inneren Organen nichts Besonderes. Die grofsen Drüsen trübe. Nirgends Gasansammlung. Kulturell werden die Stäbchen aus der Flüssigkeit der Impfstelle, nicht aber aus dem Herzblut, nachgewiesen. Aus letzterem auch keine aerob wachsenden Kolonien.

### 3. Versuch.

Meerschweinchen 4. Schwaches Tier. Subkutan am Bauch 0,5 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie bei Versuch 2.

Digitized by Google

Nach 1 Tag schwerkrank. Grofses Infiltrat. Nach 2 Tagen schwappende grofse Flüssigkeitsansammlung mit Gasbildung, Ausfall der Haare der Bauchhaut. Nach 3 Tagen hat sich der Abszefs durch kleine Öffnungen der Bauchhaut entleert. Dieselbe näfst. Tier munterer.

Am 4. Tage tot. — Sektionsbefund genau dem obigen entsprechend.

### 4. Versuch.

Maus. 0,5 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie oben, subkutan unter die Rückenhaut. In den nächsten Tagen kleines Infiltrat. Bleibt gesund.

### 5. Versuch.

Kaninchen. 1 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie oben in die Ohrvene. Bleibt völlig gesund.

### 6. Versuch.

Meerschweinchen 5, mittelgrofses Tier. Subkutan am Bauch 0,5 ccm Bouillonaufschwemmung einer 24 stündigen Agarkultur von c) (koli-ähnliches Stäbchen). Bleibt völlig gesund. Das kleine Infiltrat an der Injektionsstelle ist nach 2—3 Tagen verschwunden.

### 7. Versuch.

Meerschweinchen 6, mittelgrofses Tier. Subkutan am Bauch ca. 1 ccm eines Gemisches in Bouillon aufgeschwemmter 24 stündiger Agarkulturen von a), b) und c), also der beiden Eiterkokkenstämme und des koli-ähnlichen Stäbchens.

Am folgenden Tag mäfsiges Infiltrat mit etwas Gasbildung. Tier munter. In den nächsten Tagen schwindet das Infiltrat vollständig, es bildet sich eine kleine, etwas nässende Fistel, welche nach 10 Tagen verheilt ist. Das Tier ist ganz gesund.

### 8. Versuch.

Meerschweinchen, mittelgrofses Tier. Subkutan am Bauch 1 ccm eines Gemisches sämtlicher vier Stämme a), b), c) und d) in Bouillonaufschwemmungen 24 stündiger Agarkulturen. Nach 1 Tag: Tier schwerkrank, die ganze Bauchhaut abgehoben von einer gashaltigen Flüssigkeitsmenge, die Bauchhaare gehen aus. Nach 3 Tagen: Entleerung der schwappenden Blase durch die siebartig durchlöcherte Haut, das Tier erholt sich. Es bildet sich ein fast talergrofser Schorf, welcher sich nach 10 Tagen abstöfst und eine rein granulierende Fläche frei macht. Das Tier ist vollständig munter.

### 9. Versuch.

Kaninchen. 0,5 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie oben in die Ohrvene. Nach $^1/_2$ Stunde wird das ganz muntere Tier getötet und über Nacht in den Brutschrank gelegt. Am andern Tag ist der Kadaver unförmlich aufgedunsen, der Bauch trommelartig gespannt, beim Betasten deutliches Gewebsemphysem. Beim Ablösen der Haut zeigt sich das Unterhautzellgewebe in allen Maschen mit Gas gefüllt, die Oberschenkelmuskulatur

Digitized by Google

knistert beim Betasten. Aus der Bauchhöhle dringt bei der Eröffnung ein zischender Gasstrom heraus. Die Leber ist klein, aber vollständig mit Gasblasen durchsetzt, schwammartig verändert und mürbe. Sie schwimmt im Wasser. Die Milz zeigt wenig Veränderung, dagegen sind die Nieren ebenfalls stark gashaltig, so dafs die eine schwimmt. Die Lungen sind mit dicken Gasblasen durchsetzt. Die periphere Muskulatur, z. B. an den Oberschenkeln, ist vollständig mürbe, läfs sich zerdrücken.

In den Ausstrichpräparaten der Leber sowie der Muskeln wimmelt es von den charakteristischen, gut gefärbten Stäbchen. Kulturell werden dieselben wieder aus dem Herzblut und der Muskelsubstanz gewonnen.

Um die Resultate dieser Versuche nochmals zusammenzufassen, so geht ans denselben bezüglich der Wirkung der vier aus dem Leichenmaterial isolierten Bakterienstämme auf dem Tierkörper folgendes hervor:

1. Die Streptokokken zeigten sich trotz üppigen Wachstums auf künstlichen Nährböden für Maus und Kaninchen nicht besonders virulent.
2. Ein Gemisch der Reinkulturen sämtlicher vier Stämme erzeugte subkutan beim Meerschweinchen eine schwere Gasphlegmone (während Einimpfung frischer Gewebsstückchen der Leiche eine Erkrankung nicht erzeugt hatte).
3. Reinkulturen des koliähnlichen Stäbchens (c), welches vermöge seiner Fähigkeit, Gas zu bilden, in Betracht kommen könnte, vermochten weder allein, noch in Verbindung mit den eitererregenden Kokken derselben Herkunft [a) und b)] bei der gleichen Applikation ein ähnliches Krankheitsbild beim Meerschweinchen hervorzurufen.
4. Übrig blieb somit die Reinkultur des anaeroben Stäbchens d) (Gasbazillus), welche tatsächlich auch allein eine schwere Gasphlegmone beim Meerschweinchen bewirkte, während sie für Mäuse (subkutan) und Kaninchen (intravenös) nicht pathogen zu sein schien.
5. Postmortal bewirkte dieselbe beim Kaninchen nach intravenöser Einführung und baldiger Tötung des Tieres bei Anwendung höherer Temperatur hochgradige Gasentwicklung im Kadaver sowie Bildung von Schaumorganen. —

Digitized by Google

Auch in den hierbei festgestellten Eigenschaften stimmt unser anaerobes Stäbchen d) durchaus mit dem Fränkel-Welchschen Gasbazillus überein, so dafs es gerechtfertigt erscheint, dasselbe weiterhin kurzweg mit diesem Namen zu bezeichnen. Bevor ich aber noch näher auf die morphologischen und kulturellen Eigenschaften des gewonnenen Stammes eingehe, bleibt übrig, die Untersuchungen der Schaumniere unseres Obduktionsfalles zu schildern.

Nach Fixierung in Formol und nachfolgender Härtung in aufsteigendem Alkohol wurden Schnitte von Nierenstückchen angefertigt und nach Vorbehandlung mit Pikrokarmin nach der Gram-Güntherschen Methode gefärbt. Leider entsprachen die erzielten Bilder nicht meinen Erwartungen. Es liefs sich weder eine deutliche Kernfärbung erzielen, noch zeigten die gesuchten Stäbchen die Gramsche Färbung in der gewünschten und nach den aus den Reinkulturen gewonnenen Präparaten erwarteten Deutlichkeit, wenn sie auch zweifellos vorhanden war. Welches nun auch der Grund für dieses Verhalten sein mag, so war es nicht zu verkennen, dafs dieselben in ihrer charakteristischen Gröfse und Gestalt in ganz unglaublichen Mengen durch das Gewebe verbreitet waren. Dabei lagen sie nicht in Haufen oder Fäden, sondern einzeln in ziemlich gleichmäfsiger Verteilung, ohne ein bestimmtes Kanalsystem zu bevorzugen oder zu den namentlich in der Rinde reichlich vorhandenen durch Gasansammlung entstandenen Lücken besondere Beziehungen zu haben.

Dieses Bild war ein durchaus anderes als dasjenige der durch Einspritzung von Gasbazillen künstlich erzeugten Schaumnieren beim Kaninchen. Hier fanden sich die aufserordentlich zahlreichen Stäbchen in schönster Gramfärbung gegenüber dem karminroten Gewebe gröfstenteils in Haufen und zusammenliegenden Massen, besonders in den Gaslücken, welche dadurch schon makroskopisch auffielen.

Neben diesem Nachweis in Schnitten gelang es aber nach mancherlei Mühen noch spät, die Gasbazillen auch aus der Niere in Kultur zu erhalten. Wie oben erwähnt, waren die mit Gewebs-

Digitized by Google

saft der Niere beschickten Zuckeragarplatten auch unter Wasserstoff steril geblieben, vielleicht infolge der unbeabsichtigten Formoleinwirkung. Es waren jedoch noch die am Abend der Obduktion mit frischem Gewebssaft geimpften Zuckeragarröhrchen (vgl. oben Nr. 2) vorhanden, in welchen sich schon in den ersten Tagen unter mäfsiger Gasbildung zahlreiche Kolonien auch in den untersten Schichten gebildet hatten. Dieselben hatten sich, bei Zimmertemperatur aufgestellt, seit 14 Tagen ziemlich unverändert gehalten. Nach vorsichtiger Zertrümmerung des Röhrchens liefsen sich die in den tiefsten Schichten vorhandenen Kolonien, welche anscheinend ausnahmslos die gesuchten Stäbchen enthielten, mit Sicherheit isoliert abimpfen und auf Zuckeragarplatten unter Wasserstoff zu kräftiger Entwicklung bringen. Auf diese Weise wurden Reinkulturen genau derselben anaeroben Stäbchen aus der Niere gewonnen, wie sie aus dem Gewebssaft des Daumens vorhanden waren. Nach dem Vorkommen in den zur Gewinnung benutzten Röhrchen mufsten sie den Hauptbestandteil der in dem Nierensaft vorhandenen Bakterienflora gebildet haben, was ja auch dem mikroskopischen Bild entsprach. Wie auch die übrigen morphologischen und kulturellen Eigenschaften der beiden Stämme sich vollständig deckten, so gelang die künstliche Erzeugung von Schaumorganen beim Kaninchen auch mit dieser aus der Niere erhaltenen Reinkultur genau in der oben beschriebenen Weise.

War somit mikroskopisch und kulturell das überaus reichliche Vorhandensein der charakteristischen anaeroben Stäbchen in der Schaumniere der Leiche nachgewiesen und ferner durch Einführung von aus der Niere stammender Reinkultur derselben beim Kaninchen die Entstehung gleicher Schaumorgane experimentell erzeugt, so dürfte dadurch die ätiologische Bedeutung des Gasbazillus für die bei der Sektion gefundenen Gasansammlungen in der Niere erwiesen sein.

Bei diesem Gegenstand will ich nicht unerwähnt lassen, dafs die experimentelle Erzeugung von Schaumorganen beim Kanin-

Digitized by Google

chen in der angegebenen schon vielfach beschriebenen Weise im ganzen dreimal von mir mit Reinkulturen des Gasbazillus verschiedener Provenienz vorgenommen wurde, jedesmal mit demselben positiven Erfolg. Ferner aber, dafs ebensoviele Kontrollversuche mit Kadavern von Kaninchen angestellt wurden, denen der Gasbazillus nicht, oder in dem einen Fall in nicht mehr lebensfähiger Kultur beigebracht worden war. Bei zweien derselben (darunter der letzte) zeigte sich nach 24stündigem Verweilen im Brutschrank neben recht vorgeschrittener Fäulnis und Selbstverdauung des Magens keine Spur von Gasbildung in den Geweben. Bei dem dritten, der in keiner Weise mit Gasbazillen oder Schaumorganen in Berührung gekommen war, liefsen sich deutliche Gasbläschen in einem kleinen Bezirke der Leber bemerken. Weder in den Nieren, noch im Unterhautzellgewebe, noch in den Muskeln und Muskelinterstitien fand sich jedoch eine Spur von Gasbildung, noch war die Muskulatur irgendwie verändert, so dafs das ganze Bild von dem daneben liegenden mit Gasbazillen behandelten Tiere, welches die oben geschilderten Erscheinungen in hohem Mafse darbot, sich sehr wesentlich unterschied. Speziell bot dies letztere im Gegensatz zu den Beobachtungen von Fränkel[1]) ausgesprochenes Unterhaut-Emphysem, so dafs es bei jeder Berührung knisterte.

Dafs übrigens eine Bildung von Schaumorganen durch Einwanderung gaserzeugender Mikroorganismen aus dem Körper des Tieres, etwa vom Darm aus, vorkommt, hat z. B. schon Westenhöfer[2]) festgestellt und gleichzeitig bewiesen, dafs eine solche immer unterbleibt, wenn das betreffende Organ durch sterile Entnahme aus dem sterbenden Tiere und sterile Aufbewahrung im Brutschrank vor einer solchen Einwanderung geschützt wird.

Weitaus dunkler aber als die Beziehungen des Gasbazillus zu der Entstehung von Schaumorganen erscheint die Bedeutung desselben für den tödlichen Krankheitsprozefs, die Gasphlegmone selbst. Von der Lösung dieser Frage dürften wir noch weit

1) Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., XL, 1902, S. 92.

2) Virchows Archiv f. path. Anatomie etc., Bd. 168, 1902, S. 203.

Digitized by Google

entfernt sein! Auf dieselbe aber an der Hand des vorliegenden Falles näher einzugehen, erschien von vornherein ausgeschlossen, da weder irgend welche genauere bakteriologische oder pathologisch-anatomische Untersuchungen aus dem Verlauf der Erscheinungen intra vitam vorliegen, noch solche aus äufseren Gründen später in hierfür genügender Ausdehnung vorgenommen werden konnten. Immerhin erscheint der Nachweis des Fränkel-Welchschen Gasbazillus bei dieser von einer so kleinen Verletzung ausgegangenen tödlichen Gasphlegmone und sein Zusammenhang mit der Existenz von Schaumorganen in der Leiche von praktischer Wichtigkeit.

## Der Fränkel-Welchsche Bazillus.

Zur Identifizierung des gewonnenen Stammes seien unter Bezugnahme auf die Arbeiten von Fränkel[1]), von Grafsberger und Schattenfroh[2]) sowie derjenigen von Kamen[3]), welche aus jüngster Zeit den jetzigen Stand der Frage eingehend schildert, folgende Details über das morphologische und kulturelle Verhalten desselben angegeben, welche mit den schon seither feststehenden durchaus übereinstimmen.

Es handelt sich um ein nur streng anaerob wachsendes, grofses Stäbchen, ungefähr von den Dimensionen des Milzbrandbazillus, eher etwas gröfser, aber mit abgerundeten Ecken. Die Gröfsenverhältnisse schwanken jedoch je nach der Herkunft des Materials.

Die gröfsten Formen sah ich bei Abimpfungen frischgewachsener Agarplattenkolonien im hängenden Tropfen sowie bei gefärbten Ausstrichpräparaten aus dem Kaninchenmuskel. Schwächer waren dieselben z. B. aus Milch. In älteren Kulturen schienen hin und wieder die langen Stäbchen in einzelne Segmente bis zu quadratischen Bruchstücken zerfallen zu sein.

1) Über Gasphlegmone. Monographie. Homburg und Leipzig, 1893. Münchner med. Wochenschr., 1899, S. 1369. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., LX, 1902.

2) Archiv f. Hygiene, XXXVII, 1900. Dasselbe, XLVIII, Heft 1. Münchner med. Wochenschr., 1900, Nr. 30 u. 31.

3) Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Originale, XXXV, 5 u. 6.



Digitized by Google

Meist liegen die Stäbchen einzeln oder zu zweien, selten in Verbänden von drei und vier, nur ausnahmsweise in längeren Fäden.

Eigenbewegung fehlte immer. Nach den Untersuchungen von Grafsberger und Schattenfroh über die Inkonstanz der Beweglichkeitsverhältnisse nahestehender Anaeroben wurde diese Tatsache wiederholt mit besonderer Sorgfalt geprüft. Weder beim Einimpfen von frischen unter Wasserstoff gewachsenen Kolonien in kurz vorher gekochtes Wasser oder Bouillon, noch bei Verwendung von Kulturen in flüssigen Nährböden konnte — auch sofort nach der Anfertigung des hängenden Tropfens — Eigenbewegung konstatiert werden. Ebensowenig war dies der Fall, wenn durch Einbringung eines Tropfens Pyrogallol und Kalilauge in die Höhlung des Objektträgers für das direkt der Wasserstoffatmosphäre entnommene Material wieder anaerobe Verhältnisse geschaffen wurden, auch nicht bei Aufstellung dieser vom Sauerstoff abgeschlossenen Tropfen in Brüttemperatur.

Die Stäbchen färbten sich gut mit den gebräuchlichen Anilinfarben, ebenso ausnahmslos nach der Gramschen Methode.

Eine Sporenbildung liefs sich mit Sicherheit nie feststellen, auch nicht bei Züchtung auf alkalischem Stärkekleisteragar, wobei Grafsberger und Schattenfroh den Granulobacillus immobilis immer hatten zur Sporulation kommen sehen, was übrigens von Kamen nicht bestätigt wird. Bei älteren Kulturen auf Zuckeragar liefsen sich dagegen mehrmals Lücken in der Färbung, Bildung von hellen Stellen in den Bakterien beobachten (letzteres besonders auch bei einem Präparat aus Kaninchen-Schaumleber), welche den Verdacht auf Sporenbildung erregen konnten, aber nach genauer Beobachtung im hängenden Tropfen und Versuch einer Sporenfärbung als anderweitige Veränderungen des Bakterienleibs aufgefafst werden mufsten. Auch in den Gewebsschnitten sah ich niemals Andeutung von Sporenbildung.

Auch der Nachweis von Kapseln gelang anfangs nicht mit Sicherheit, wenn auch hin und wieder in einfach gefärbten Aus-

Digitized by Google

strichpräparaten ein heller Hof deutlich zu sein schien. Schliefslich wurde derselbe aber bei Bakterienmaterial aus einer Kaninchenschaumleber durch die Johnesche Färbung zweifellos erbracht.

Die Isolierung des Bazillus wurde, wie schon oben geschildert, am einfachsten durch Giefsen oder Impfung von Traubenzuckeragarplatten erreicht, welche dann im Botkinschen Apparat unter Wasserstoff gehalten wurden. Das Verhalten der Kulturen namentlich bezüglich des Aussehens der Kolonien und der Gasbildung zeigte sich dabei, wie auch in den Reagensglaskulturen, in hohem Mafse abhängig von der Zusammensetzung und namentlich der Konsistenz des Agars. Während anfangs eine Gasbildung in älterem, gut $1\frac{1}{2}\%$ Agar und etwa $\frac{1}{2}\%$ Zucker enthaltendem Nährboden überhaupt nicht eintrat, so vermehrte sich Wachstum und vor allem Gasbildung mit dem Augenblick, wo neuhergestellter Nährboden verwendet wurde, der von beidem je $1\%$ enthielt.

Die Kolonien auf der Platte sind schon oben geschildert. Nur das möchte ich hinzufügen, dafs die Kolonien bei längerer Züchtung auf künstlichem Nährboden trotz Tierpassagen ihre charakteristische Form namentlich auf Oberfläche und Unterfläche etwas zu verlieren schienen. Charakteristisch blieben aber immer bei den in der Schicht gelegenen Kolonien die astförmigen Ausläufer. Die Gasbildung zeigte sich verschieden, nie aber fehlte der Buttersäuregeruch bei Plattenkulturen.

Am bequemsten war die Fortzüchtung in hochgeschichtetem Traubenzuckeragar durch Stichkultur. Zunächst bildete sich eine Trübung des ganzen Impfstiches bis kurz unter die Oberfläche, dann trat — wenigstens bei 1proz. Agar — in spätestens 24 Stunden reichliche Gasbildung ein, welche den Agarzylinder zerrifs und mit Bildung trüber Flüssigkeit zerklüftete. Leider erwiesen sich die Bazillen in diesen Kulturen nur wenige — zwei bis drei — Tage fortpflanzungsfähig, so dafs häufige Überimpfungen nötig wurden.

Milch wurde unter Wasserstoff stürmisch mit Gasbildung vergoren. Schon nach ein- bis zweimal 24 Stunden schwamm das



Digitized by Google

Kasein deutlich geschieden in trüber, immer klarer werdender Molke. Die Kaseingerinnsel wurden ferner nicht wieder durch Peptonisierung gelöst, noch kam es nach dem leicht säuerlich bleibenden Geruch zu Eiweifsfäulnis.

Traubenzuckerbouillon wurde unter Gasbildung getrübt, worauf sie sich unter Bildung eines krümeligen Sediments wieder aufklärte.

Unter der Wasserstoffglocke gelangen ferner Kulturen auf schrägem Traubenzuckeragar, auf Agar, welcher 0,5% ameisensaures Natrium enthielt, auf schräg erstarrtem Blutserum, auf Kartoffel — allerdings nur in kümmerlicher Entwicklung — ohne besonders charakteristische Erscheinungen, meist mit Bildung von gewöhnlich zwischen Glaswand und Nährboden auftretendem Gas.

Die Kultivierung in Traubenzuckergelatine ergab, wie auch andere Autoren berichten, nicht immer einheitliche Resultate. Vor allem ist auch hier anscheinend zur Erzielung der den Kulturen ein so charakteristisches Aussehen verleihenden Gasbildung ein geringerer Gehalt an Gelatine, als sonst üblich, von Wichtigkeit (5%). Abgesehen hiervon aber zeigten dieselben Stämme in gleichem Nährboden öfters Verschiedenheiten des Wachstums, welche sich nicht kurzer Hand erklären liefsen. Bei Stichkulturen trat gewöhnlich nach ein bis zwei Tagen entlang des ganzen Stichs eine leichte Trübung bis etwas unterhalb der Oberfläche auf, woran sich dann bei einem Teil der Kulturen das Entstehen von Gasblasen mitten in der Gelatine anschlofs. Eine deutliche Verflüssigung entlang des Stichkanals habe ich niemals sehen können, doch halte ich eine solche bei längerer Beobachtung der sehr langsam wachsenden Kultur nicht für ausgeschlossen. Bei Schüttelkulturen in Zuckergelatine bilden sich nach einigen Tagen zahlreiche Kolonien in den unteren Teilen der Schicht, dann kommt es bei 5proz. Gelatine immer zur Gasbildung.

Bezüglich der Pathogenität für Tiere war schon oben erwähnt, dafs eine solche in ausgesprochenem Mafse für Meerschweinchen, nicht aber für Mäuse und Kaninchen bestand.

Digitized by Google

Über die Identität dieses Stammes mit dem Fränkel-Welchschen Gasbazillus scheint mir hiernach kein Zweifel mehr zu bestehen.

Ob nun überhaupt und wie weit der Gasbazillus in dem vorliegenden Falle allein oder im Verein mit den begleitenden Bakterien oder anderen Nebenumständen für das Entstehen der Gasphlegmone und ihren tödlichen Verlauf verantwortlich gemacht werden kann, erscheint mir durch den Nachweis seines Vorkommens, auch in Verbindung mit dem Ausfall des Tierexperiments noch in keiner Weise geklärt. Ohne auf die Einzelheiten seiner Wirkungsweise näher eingehen zu wollen, bezüglich deren übrigens eine genügende Übereinstimmung der Untersucher noch durchaus nicht erzielt ist (vgl. die umfassenden Zusammenstellungen bei Kamen), so bietet doch die durch Einverleibung von Unmassen des Bakterienmaterials erzeugte Erkrankung des Meerschweinchens ein ganz ungemein andersartiges Bild, als die von einer geringfügigen Verletzung ausgegangene progrediente Gasphlegmone des Menschen!

Nicht unwesentlich erscheint mir ferner die Tatsache, dafs in unserem Falle schon bei der ersten Inzision ein hochgradig übler Geruch des mit Gasblasen durchsetzten Eiters angegeben wird während ein socher — im Gegensatze zu anderen Bakterien — nach der Einverleibung von Gasbazillen in den Tierkörper nicht angegeben wird, auch von mir niemals, selbst nicht auffallend am Kadaver, bemerkt wurde.

Auch die Möglichkeit, dafs der Gasbazillus nur eine verhältnismäfsig nebensächliche und bedeutungslose Rolle bei solchen Krankeitsprozessen spielen dürfte, kann nicht ganz von der Hand gewiesen werden, wenn man die aufserordentliche Verbreitung desselben in unserer Umgebung bedenkt, die schon Fränkel zugegeben hat, die aber noch durch die Identifizierung mit dem unbeweglichen Buttersäurebildner sehr wesentlich gesteigert ist. Eine solche scheint tatsächlich trotz Fränkels Widerspruch nach den Versuchsresultaten von Kamen nicht mehr umgangen werden zu können, nachdem durch diese die Inkon-

Digitized by Google

stanz der Sporulierung, sowie die Pathogenität für Meerschweinchen bei etwas gröfseren Dosen auch für den aus Milch gewonnenen Buttersäurebildner festgestellt ist, während Fränkel diese beiden Punkte als differentiell-charakteristisch für den Gasbazillus bezeichnet hat.

Unter diesen Umständen erscheint es fast wunderbar, dafs die bakteriologische Untersuchung der Mundhöhle des Urhebers unserer Bifsverletzung keine Anhaltspunkte für die Existenz des Gasbazillus oder eines ihm nahestehenden anaeroben Stäbchens in ihr ergeben hat.

Zur Illustrierung der grofsen Verbreitung des Gasbazillus auch ohne pathogene Wirkung möge zum Schlusse noch folgender Fall dienen, welcher, zufällig zu der Zeit unserer obigen Untersuchungen zur Beobachtung kommend, den Nachweis und die Reinzüchtung eines mit dem oben beschriebenen vollständig identischen Stammes von Gasbazillus gestattete:

Von der chirurgischen Klinik wurde der hygienischen Abteilung ein ausgeschnittener Schufskanal zur Untersuchung auf Tetanus zugeschickt. Ein Schrotschufs hatte aus nächster Nähe die Schwimmhaut zwischen zwei Fingern getroffen, so dafs neben Schrotkörnern auch noch der Filzpfropf der Patrone in dem Präparat vorhanden war. Die Untersuchung auf Tetanus fiel vollständig negativ aus, dagegen zeigte sich in der Bodenflüssigkeit des mit lebhafter Gasentwicklung gewachsenen Zuckeragarröhrchens, in welches der gröfste Teil des Präparats mit Filzpfropfen in toto versenkt worden war, ein massenhaftes Vorhandensein grofser Stäbchen, welche sich nach Isolierung auf unter Wasserstoff gehaltenen Zuckeragarplatten als Fränkel-Welchsche Gasbazillen erwiesen. Die gewonnenen Reinkulturen erzeugten beim Meerschweinchen Gasphlegmone, beim Kaninchen postmortal Schaumorgane, zeigten dasselbe morphologische Verhalten und im ganzen dieselben Wachstumserscheinungen auf künstlichen Nährböden, wenn auch kleine Unterschiede, z. B. bezüglich der Gasbildung und Schnelligkeit der Entwicklung vorhanden waren. Die Wunde des Patienten heilte glatt, und derselbe blieb vollständig frei sowohl von Tetanus als von Gasphlegmonen.

Digitized by Google

Gerade beim Abschlufs dieser Arbeit ergibt sich mir unerwarteterweise als ein weiterer Beweis für die aufserordentlich grofse Verbreitung des Gasbazillus die Tatsache, dafs sich aus der Leber des oben auf S. 288 erwähnten Kaninchens, welches, ohne mit unseren Gasbazillen irgendwie in Berührung gekommen zu sein, nach Tötung und 24stündiger Aufbewahrung im Brutschrank Gasbildung geringen Grades in einem Teil der Leber gezeigt hatte, ein anaerobes Stäbchen züchten läfst, welches, soweit es bis jetzt überblickt werden kann, ebenfalls mit dem Fränkel-Welchschen Bazillus identisch ist. Derselbe mufs also auch in dem Körper des völlig gesunden, kräftigen Tieres vorhanden gewesen sein!

Nähere Aufschlüsse über die Identität dieser drei Gasbazillenstämme verschiedener Herkunft, eventuelle Vergleiche mit denjenigen verwandten Arten, welche z. B. aus der Milch leicht zu züchten sind, und Feststellungen ihrer pathogenen Eigenschaften müssen weiteren Untersuchungen überlassen werden.

---

Digitized by Google

# Über insensible Luftströmungen.

Von

**Max Rubner.**

Die Wirkungen des Windes auf den Menschen sind durch die eingehenden Untersuchungen meines Laboratoriums näher dargelegt worden. Es hat sich dabei, wie man vom biologischen Standpunkt von vornherein erwarten mufste, ergeben, dafs die Wirkungen des Windes nicht mit dem Einflufs von Luftströmungen auf unbelebte Gegenstände in irgend eine Parallele zu stellen sind, sondern eigenartige Reaktionserscheinungen des Organismus zur Folge haben.[1])

Die Luftbewegungen sind, wie gezeigt worden ist, von aufserordentlich bedeutungsvollem Einflufs auf den Menschen. Die anregende Wirkung auf den Kraftwechsel, welche den Windströmungen unter bestimmten Umständen im Sinne der chemischen Wärmeregulation zukommt, läfst sich durch kein Experiment als eben durch sie so anschaulich vorführen.

Bei der Vernachlässigung, unter der die Lungenpflege gewöhnlich bei den Leuten mit sitzender Lebensweise zu leiden pflegt, hat die kräftige Wirkung kühlender Luftbewegung auf die respiratorischen Funktionen gerade besondere Bedeutung.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXIII, S. 206.

Digitized by Google

Als Abhärtungsmittel steht die Luftwirkung an erster Stelle; sie ist ein der Haut angemessener Reiz, der auch beim längeren Aufenthalt im Freien sein dauerndes Spiel treibt.

So sind uns also zum erstenmal die Wirkungen bewegter Luft, über die man früher sehr vage Vorstellungen hatte und sich zumeist in allgemeinen Redensarten erging, klar und zahlenmäfsig vor Augen geführt worden.

Bei diesen Experimenten wurden die praktisch bedeutungsvollsten Windgeschwindigkeiten von 1—16 m pro Sekunde einer Prüfung unterzogen.

Im Freien haben wir es selten mit geringen Windstärken und auch nur gelegentlich mit bedeutend höheren zu tun.

Anders in geschlossenen Räumen, hier ist die Luft weit mehr in Ruhe, und wenn es auch eine ruhende Luft im physikalischen Sinne in gröfseren Räumen nicht wohl geben wird, so halten sich die Strömungswerte doch zumeist unter den Gröfsen, die wir im Freien Windstille heifsen.

Man versteht darunter im allgemeinen Luftströmungen, die unter der fühlbaren Grenze bewegter Luft, d. h. unter 0,4—0,5 m pro 1 Sekunde liegen.

Wenn man sich über die Wirksamkeit der Winde eine genaue Vorstellung machen will, wird man gewifs auch das Interesse haben zu erfahren, von welcher Grenze der Geschwindigkeit ab die Luft zu einem Reize für das Hautorgan wird; ob der sensible Reiz, der uns einen Luftstrom wahrnehmen läfst, auch die Grenze darstellt für die Wirksamkeit der Luftströmungen auf den Körper.

Haben Luftströmungen, welche man nicht mehr fühlt, auch keine objektiven Wirkungen?

Die Frage hat nicht nur theoretische, sondern auch grofse praktische Tragweite. Ich habe schon vor längerer Zeit einschlägige Beobachtungen mitgeteilt, die bisher in der Literatur wenig bekannt geworden zu sein scheinen.

Schon bei Ausführungen von Respirationsversuchen im Jahre 1879 war es mir aufgefallen, dafs man manchmal bei stärkerer Ventilation des Respirationsapparates kleine Ver-

Digitized by Google

mehrungen der Kohlensäure findet, die offenbar mit der Änderung der Luftgeschwindigkeit zusammen hängen, und ich habe daher immer bei vergleichenden Versuchen auch auf diese Bedingung geachtet und auf ihre Wichtigkeit hingewiesen.«

Es konnte sich dabei nur um sehr geringe Luftgeschwindigkeiten, die doch unter Umständen eine Wirksamkeit zeigten, handeln.

Später habe ich dann die Wirkung schwacher Luftströme auf die Haut kalorimetrisch geprüft. Es kamen dabei ganz schwache Luftströmungen von 0,18 cm pro Sekunde bis 1,46 cm auf die Haut des menschlichen Armes zur Anwendung. Hier, wo es sich um einen lokalisierten Einflufs, nicht aber um einen generellen handelt, hatte ich sehr merkbare Unterschiede im Wärmeverlust gefunden, deren Gröfse bei einer Schwankung der Lüftungsgröfse um das 9—11 fache, zwischen 75% bis herab auf 19% Zuwachs wechselte; aber nicht regellos, sondern in Abhängigkeit von der Temperatur.

Bei niederen Temperaturen brachte die bewegte Luft gröfsere Wärmeverluste als bei höheren Wärmegraden (in Prozenten der jeweils produzierten Wärme).

Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung einerseits, Wasserverdunstung anderseits, verliefen zwar nicht ganz gleichmäfsig, die Unterschiede mögen aber nicht weiter berührt sein.

Die hier angewandten Luftgeschwindigkeiten liegen weit unter der üblichen Wahrnehmungsgrenze, die, wie gesagt, für trockene Haut auf 50 cm pro 1 Sekunde allgemein angenommen wird, denn in maximo betrug sie nur 1/33 hiervon. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dafs tatsächlich keine Versuchsperson eine derartige Luft als bewegt fühlte; aus unseren Versuchen folgte also die Möglichkeit erheblicher Wärmeverluste durch Veränderung von Luftgeschwindigkeiten, die unterhalb der Wahrnehmbarkeitsgrenze liegen.

Natürlich kann mit der Zeit allmählich der Wärmeverlust so sich summieren, dafs nunmehr die Kälte fühlbar wird. Die

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XIX, S. 322.

Digitized by Google

Versuchsperson klagt einfach über Kühle ohne zu wissen aus welchem Grunde die Haut kalt geworden ist (Temperatureinflufs oder bewegte Luft?).

Die Abkühlung ist eine zu grofse geworden, ohne dafs wir den verursachenden Eingriff, nämlich Zugluft schwächster Art, erkannt haben.

»Es liegt die Vermutung nahe«, habe ich früher ausgesprochen, dafs es sich bei diesen Wärmeentziehungen um solche handelt, welche unter der Reizschwelle des wärmeregulatorischen Apparates liegen[1]). Erst die Summierung der Wärmeentziehung löst ruckweise die Regulationsmechanismen aus.

Da schliefslich doch das Gefühl der Kälte sich einstellt, sind solche Stellen, die der bewegten Luft ausgesetzt waren, offenbar nicht genügend mit Blut versehen worden, was natürlich mit Leichtigkeit hätte geschehen können, wenn die Reize richtig empfunden und vom Körper verarbeitet worden wären.

Hier liegt also entschieden eine Anlage zu anormalen Zuständen vor, zu Abkühlungen über die Grenze des Gesunden hinaus, zu Entwärmungen, die tiefer greifen, als für den normalen Ablauf der Lebensprozesse günstig ist.

Im ganzen genommen handelt es sich dabei um Erscheinungen, welche den Modus der Zuglufterkältung uns recht deutlich vor Augen führen.

Die wärmeentziehende Wirkung nimmt mit der Luftgeschwindigkeit, wie ich sah, sehr langsam zu.

Noch energischere Wirkungen zeigt die »minimalste Luftbewegung bei benetzten Flächen.«[2]) Auch hier nimmt mit Verlangsamung des Luftstromes die Wärmeentziehung nur sehr langsam ab.

Ich habe also die Tatsache festgestellt, dafs in ihrer ersten Einwirkung insensible Reize der Luft unter bestimmten Bedingungen wärmeentziehend wirken. Insoweit haben wir also eine genügende Vorstellung betreffs solcher Einwirkungen, die nur ein begrenztes Körpergebiet treffen.

1) a. a. O., Archiv f. Hygiene, Bd. XXV, S. 264.
2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXV, S. 307.

Digitized by Google

Die Erfahrungen über partielle Abkühlungen durch insensible Änderungen der Luftbewegung lassen sich ohne weiteres nicht auf den Gesamtorganismus übertragen. Es wäre möglich, dafs die Reaktion auf einen schwachen Reiz, der den ganzen Körper trifft, eine andere ist als die Wirkung auf einzelne Körperstellen. Hierüber kann nur das direkte Experiment entscheiden. Ich habe vor Jahren in einigen Tierversuchsreihen die Exaktheit der wärmeregulatorischen Einrichtungen des Warmblüters vor Augen geführt[1]) und zwar mit sehr präzisem Erfolge den Einflufs minimalster Temperaturschwankungen auf den Kraftwechsel erwiesen.

Es war daher naheliegend, die Frage nach den Wirkungen schwächster Luftströme in gleicher Art am Tierkörper zu behandeln. Das Menschenexperiment gestattet nicht so einfache Bedingungen, wie sie zu solchen schwierigen Versuchen notwendig sind.

Die Experimente, über die ich kurz berichten möchte, sind schon vor etwa 10 Jahren sozusagen als erste Vorarbeit zu den später namentlich von Wolpert weitergeführten Versuchen unternommen worden.

Ich habe mehrere Reihen am Hunde in der Weise durchführen lassen, dafs die Tiere alternierend bei gröfserer oder geringerer Ventilation im Respirationsapparat auf ihren Stoff- und Kraftwechsel untersucht wurden. Ein Einflufs der Nahrung war dabei ausgeschlossen; auch sonst wurden die Versuchsbedingungen gleich gehalten.

Die Variationen der Luftgeschwindigkeit sckwankten zwischen 0,4 — 1,3 cm pro 1 Sek.[1]) Der Hund konnte sich naturgemäfs der Einwirkung der Luft bei der Enge des Raumes im Respirationsapparat (Kalorimeter) nicht entziehen. Die Luftgeschwindigkeit liegt in allen drei Reihen weit unter der Wahrnehmbarkeitsgrenze bei dem Menschen und vermutlich in gleicher Weise bei Tieren.

---

1) Sitzungsberichte der bayr. Akademie der Wissenschaften, 1885, S. 454.

2) Ähnlich wie bei den Versuchen am menschlichen Arme.

Digitized by Google

Die Resultate der einzelnen Serien finden sich in nachstehenden Tabellen, wobei die Werte für grofse und kleine Ventilationen gleich zusammengestellt und zu Mittelwerten verrechnet sind.

**I. Serie.**

| | Ventilationsgröfse (l) | $CO_2$ Ventilat.-Luft | $CO_2$ in 24 Std. ausgesch. | Harn N | Lufttemperatur Maximum | Lufttemperatur Minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg pro l | g | | | |
| | | | a | | | |
| | 209,— | 1,64 | 152,5 | 1,4 | 9,— | 11,5 |
| | 206,8 | 1,58 | 151,— | 1,4 | 8,5 | 10,— |
| | 212,1 | 1,43 | 165,4 | 1,5 | 6,5 | 8,5 |
| Mittel | 209,3 | 1,55 | 156,3 | 1,4 | 8,0 | 10,0 |
| | | | b | | | |
| | 63,1 | 3,37 | 142,6 | 1,5 | 8,5 | 11 |
| | 60,8 | 3,33 | 138,1 | 1,5 | 7,— | 9,— |
| Mittel | 61,4 | 3,35 | 140,3 | 1,5 | 7,7 | 10 |

**II. Serie.**

| | Ventilationsgröfse (l) | $CO_2$ Ventilat.-Luft | $CO_2$ in 24 Std. ausgesch. | Harn N | Lufttemperatur Maximum | Lufttemperatur Minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg pro l | g | | | |
| | | | a | | | |
| | 146,3 | 1,94 | 125,9 | 2,8 | 14,— | 16,5 |
| | 116,— | 1,91 | 134,6 | 2,3 | 13,— | 15,5 |
| | 204,8 | 1,49 | 132,1 | 2,7 | 11,— | 14,— |
| | 193,8 | 1,53 | 140,6 | 2,6 | 11,5 | 15,— |
| Mittel | 165,2 | 1,46 | 133,3 | 2,6 | 12,4 | 15,2 |
| | | | b | | | |
| | 40,8 | 4,29 | 130,6 | 2,9 | 14,— | 16,— |
| | 82,8 | 2,29 | 129,3 | 2,— | 11,— | 14,— |
| | 67,1 | 3,— | 136,7 | 2,7 | 10,5 | 14,— |
| Mittel | 63,6 | 3,19 | 132,2 | 2,5 | 11,8 | 14,7 |

Digitized by Google

**III. Serie.**

| | Ventilationsgröfse (l) | $CO_2$ Ventilat.-Luft | $CO_2$ in 24 Std. ausgesch. | Harn N | Lufttemperatur Maximum | Lufttemperatur Minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg pro l | g | | | |
| | | | a | | | |
| | 97,5 | 1,83 | 105,3 | 1,9 | 23,5 | 22,— |
| | 170,9 | 1,27 | 80,3 | 1,6 | 25,— | 24,— |
| | 173,9 | 1,12 | 60,8 | 2,3 | 25,— | 22,— |
| Mittel | 147.4 | 1,40 | 82,1 | 1,9 | 24,5 | 22,7 |
| | | | b | | | |
| | 30,8 | 3,85 | 95,6 | 1,2 | 25,5 | 22,— |
| | 82,— | 1,82 | 85,3 | 1,7 | 28,2 | 23,— |
| | 36,— | 2,52 | 58,3 | 2,3 | 26,5 | 23,— |
| Mittel | 49,6 | 2,73 | 79,7 | 1,7 | 26,7 | 22,7 |

Aus obigen Werten bilden wir die folgende Generaltabelle, in welcher die zur Berechnung des Kraftwechsels dienenden Ergänzungen vorgenommen worden sind. Die Berechnung des Kotes kann bei Hungerversuchen, wie sie vorliegen, aufser Betracht bleiben.

**Generaltabelle.**

| Serie | Ventilation | N im Harn | C Respir. | C Harn | Summe C | Fett C | Wärme aus Eiweiß | Wärme aus Fett | Temp. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | grofs | 1,4 | 42,7 | 1,0 | 43,7 | 39,1 | 35,0 | 480,9 | 9,0 |
| | klein | 1,5 | 38,3 | 1,1 | 39,4 | 34,5 | 37,5 | 424,3 | 8,8 |
| II | grofs | 2,6 | 36,4 | 1,9 | 38,3 | 29,7 | 65,0 | 365,3 | 13,8 |
| | klein | 2,5 | 36,1 | 1,8 | 37,9 | 29,7 | 62,5 | 365,3 | 13,2 |
| III | grofs | 1,9 | 22,4 | 1,4 | 23,8 | 17,5 | 47,5 | 215,2 | 23,6 |
| | klein | 1,7 | 21,8 | 1,2 | 23,0 | 17,4 | 42,5 | 214,1 | 23,7 |

Wir können nur auf die Werte des Kraftwechsels Nachdruck legen, die Eiweifszersetzung, die in den drei Serien etwas schwankend ist, hängt von zufälligen Momenten, wie der dem Versuch vorausgegangenen Art und Gröfse der Nahrungszufuhr ab.

Digitized by Google

Das Ergebnis des Versuchs gibt folgende kurze Zusammenstellung.

**Kraftwechsel in 24 Stunden in Kal.**

| Serie | Temperatur | Ventilation | |
|---|---|---|---|
| | | grofs | klein |
| I | 9° | 516 | 459 |
| II | 13° | 430 | 428 |
| III | 24° | 263 | 267 |

Der Kraftwechsel ist also bei grofser und kleiner Ventilation wirklich verschieden aber nicht unter allen Verhältnissen. Nun könnte man vielleicht meinen, dafs etwa ein störender Umstand sich vielleicht in der Hinsicht habe ergeben können, als die Luft bei grofser Ventilation natürlich etwas reiner war als bei kleiner Ventilation, wo sich etwas mehr Kohlensäure ansammeln konnte. Aber die Ventilation war auch da, wo sie gering war, noch immer reichlich, was man aus den Protokollen sieht. Die tatsächlichen Ergebnisse lassen auch eine solche Deutung gar nicht zu, nicht allgemein war eine Wirkung der grofsen Lüftung zu finden, sondern aus der Tabelle folgt, eine den Körper treffende, an sich unfühlbare Luftbewegung ist innerhalb der hier innegehaltenen Bewegungsgröfsen der Luft nur wirksam bei niedrigen Temperaturen. Bei höherem Wärmegrade ist die abkühlende Wirkung so gut wie ganz irrelevant, natürlich eben deshalb, weil die Gröfse der Wärmeentziehung zu gering ist.

Die Anregung des Stoffwechsels durch eine auf das 3- bis 4fache gesteigerte Ventilation bringt bei 8—9° einen Zuwachs von Wärmeverlust von 12,4 %. Bei noch geringeren Lufttemperaturen wird der Einflufs auch noch weit bedeutender sein können.

Aus diesen Beobachtungen folgert eine sehr kräftige Wirkung geringster Luftströmungen bei winterlichen Temperaturen. Der Hund hatte in allen Experimenten, auch jenen bei 9°, seine Eigentemperatur gut im Gleichgewicht erhalten, wie aus der Zusammenstellung nachfolgender Tabelle hervorgeht.

Digitized by Google

| Temp. | Ventilation | vormittags 10 Uhr | abends 6 Uhr |
|---|---|---|---|
| 9° | grofs | 38,42 | 38,63 |
| | klein | 38,35 | 38,60 |
| 13° | grofs | 38,70 | 38,90 |
| | klein | 38,70 | 38,80 |
| 24° | grofs | 38,53 | 38,53 |
| | klein | 38,36 | 38,53 |

Somit hat sich also bestätigt, was wir aus den Versuchen am Arme erwarten durften; auch der Gesamtkörper wird, wenn auch in anderen Zahlenverhältnissen durch an sich insensible und das kann man noch hinzufügen, anemometrisch nicht nachweisbare Luftströmungen beeinflufst. Das ist von grofser praktischer Bedeutung, denn wir sehen, dafs Räume von gleicher Temperatur bei anscheinend ruhender Luft eben doch nicht in ihrer thermischen Wirkung gleich zu sein brauchen. Die geringfügigste Luftströmung, für unsere Instrumente unmefsbar und für die Haut als solche nicht wahrnehmbar, wird wirksam. Was man Zug nennt, sind immer schon gröbere Luftbewegungen; nach meinen Ergebnissen kann man also auch von einem »Zug« getroffen werden, den wir nicht ahnen, und dem wir nicht ausweichen können, weil wir ihn nicht sofort, sondern erst an den Folgen und vielfach zu spät erkennen. Interessant bleibt, wie scharf der tierische Organismus auf schwächste Luftströme reagiert.

Aus dem Gesagten ergibt sich auch eine Erklärung für störende Einwirkungen mancher Ventilationsanlagen, und für Räume mit unabgeglichener Temperatur, die unter Umständen zu solchen insensiblen Luftströmungen führen.

Digitized by Google

# Zur Kritik der Formaldehyddesinfektion.

Von

Dr. G. Werner,
kgl. Kreisassistenzarzt.

(Aus dem Institut für Hygiene und experimentelle Therapie zu Marburg. Abteilung für Hygiene. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Schon bei der Empfehlung seines in der Entwicklung der Formaldehyddesinfektion so wichtigen sog. Breslauer Wohnungsdesinfektionsverfahrens hat Flügge (11) betont, dafs die Desinfektionsversuche mit Formaldehyd, je exakter und vollkommener sie angestellt würden, um so ungünstiger ausfielen. Zweifellos haben auch genauere Forschungen über die desinfektorische Wirksamkeit der Formaldehyddämpfe grofse Schwächen des Verfahrens herausgestellt, welche nur durch entsprechende Vorbereitung der Objekte, eventuell durch Mitbenutzung anderer Desinfektionsmittel ausgeglichen werden können. Es ist jetzt für Jeden, der sich mit diesen Verhältnissen etwas eingehender beschäftigt, keine Frage, dafs die gewünschte Wirksamkeit des Verfahrens in der Praxis von einem gewissen, allerdings meist erlernbaren Quantum an Technik und Kenntnis der in Betracht kommenden, nicht immer ganz einfachen, physikalischen und chemischen Vorbedingungen abhängig ist und somit mehr als man anfangs glaubte, Intelligenz und Gewissenhaftigkeit des Desinfektors voraussetzt.

Dadurch ist die tatsächliche Wertlosigkeit der, wie jeder praktische Arzt weifs, recht verbreiteten Laiendesinfektion mit



Digitized by Google

kleinen handlichen Formalinlampen und ähnlichen Apparaten, deren Wirksamkeit in den Prospekten der Fabrikanten in den Himmel gehoben wird, genügend gekennzeichnet. Durch die Verwendung derselben in den Händen von Krankenschwestern und Heilgehilfen kann es zur Schädigung der Allgemeinheit kommen, weil wirksameres Vorgehen darüber versäumt wird.

Trotz dieser bekannten Schwächen aber hat die kunstgerecht ausgeübte Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyddämpfen wegen ihrer unbestreitbaren grofsen praktischen Verwendbarkeit eine aus jedem neueren Bericht über Seuchenbekämpfung zu ersehende kolossale Bedeutung auf diesem Gebiete errungen, da die früher solchen Desinfektionen — nicht ohne Grund — entgegenstehenden Schwierigkeiten durch sie auf ein geringes Mafs herabgedrückt worden sind.

Um so wichtiger aber ist es, alle Einwände, welche die Wertlosigkeit des Verfahrens — auch wenn es nach allen Regeln der Kunst ausgeübt wird — überhaupt oder bezüglich einzelner Krankheiten behaupten, auf ihre Stichhaltigkeit zu untersuchen. Der Beweis ihrer Richtigkeit würde nicht schnell genug eine Umkehr auf dem Weg unserer heutigen Desinfektionstechnik veranlassen können. Im anderen Falle aber ist es ebenso wichtig, das Vertrauen zu einer seither für segensreich gehaltenen Methode, welches von Kritiken, namentlich wenn sie von mafsgebender Seite stammen, nach Hineingelangen in Laienkreise nur zu leicht zerstört wird, wieder herzustellen und zu befestigen.

Während man seither auf Grund zahlreicher Untersuchungen der verschiedensten Forscher die Unschädlichmachung von tuberkelbazillenhaltigem Material durch Formaldehyddämpfe für verhältnismäfsig leicht möglich, und diese deshalb zur Desinfektion von Phthisikerräumen für recht geeignet hielt — wenn auch unter der Einschränkung, dafs gröbere Verunreinigungen auf andere Weise desinfiziert würden —, so hat Spengler (29) im vorigen Jahre auf Grund einer Reihe von Untersuchungen den Beweis angetreten, dafs Tuberkelbazillen unter den praktisch vorkommenden Verhältnissen überhaupt nicht durch Formaldehyddesinfektion abgetötet würden, auch nicht bei Anwendung

Digitized by Google

sehr grofser Formaldehydmengen (105 g Paraform pro cbm). Eine Vernichtung der Tuberkelbazillen, auch in dünnen, trocknen Sputumlagen und selbst im feuchten Sputum etwas dickerer Lage (1—2 mm) sei nach Flügges Methode vollkommen ausgeschlossen! Die von ihm behauptete ganz aufsergewöhnlich grofse Resistenz der Tuberkelbazillen gegen Formaldehyd benutzte er dazu, um diese aus Bakteriengemischen zu isolieren und den Beweis ihrer Lebensfähigkeit dadurch zu erbringen, dafs er deutliche Vermehrungserscheinungen (Anreicherung) nachwies und sie auf Nährböden rein züchtete. Seine ganze Beweisführung gründet er ohne Benutzung des Tierversuchs auf diese neue Züchtungsmethode, welche meines Wissens bis jetzt von niemand bestätigt worden ist.

Wenn sich diese Behauptung bewahrheitete, würde dem Gebiet der Formaldehyddesinfektion, wie es durch Flügge (12) u. A. seither umgrenzt wurde, allerdings ein wesentlicher Teil entzogen werden müssen.

Ein anderer Einwand des letzten Jahres wendet sich mit einer Kritik der seitherigen Untersuchungsmethoden gegen die desinfizierende Wirksamkeit des Formaldehydverfahrens überhaupt und stellt die Behauptung auf, dafs es sich bei demselben meist nur um eine Entwicklungshemmung, nicht aber um Abtötung der betroffenen Krankheitserreger handle. In einer Arbeit aus der Abteilung für experimentelle Therapie des hiesigen hygienischen Instituts berichtet Roemer (26) über einige gelegentliche Desinfektionsversuche nach dem Breslauer Verfahren und durch Karboformalglühblocks, bei welchen es sich herausstellte, dafs die Testobjekte nach Waschung in verdünntem Ammoniak, wodurch der ihnen anhaftende Formaldehyd desinfektorisch unwirksam wurde, alsbaldiges Wachstum zeigten, während die entsprechenden Objekte, die dieser Nachbehandlung nicht unterzogen wurden, anscheinend steril blieben. Er konnte durch diese Behandlung mit Ammoniak noch Keime als lebensfähig erweisen, welche weder nach wiederholtem Auswaschen in anderer Flüssigkeit, Bouillon oder dgl. zum Auskeimen kamen, noch im Tierversuch sich wirksam zeigten. Der Gedanke lag somit nahe,



Digitized by Google

dafs eine ganze Reihe früherer, günstig ausgefallener Desinfektionsversuchsreihen, auf welche sich unsere heutigen Anschauungen über die Formaldehydwirkung gründen, sich einer derartig schärferen Beobachtungstechnik gegenüber in wesentlich ungünstigerem Licht gezeigt haben würden.

Eine gleichmäfsige Bestätigung dieser Versuchsresultate würde allerdings die ganze Methode zu Fall bringen können.

Zur Nachprüfung dieser beiden Fragen: 1. der Einwirkung der Formaldehyddämpfe auf Tuberkelbazillen und 2. der Beeinflussung der Resultate von Versuchen mit Formaldehyddesinfektion durch Änderung der Untersuchungstechnik im Sinne der Römerschen Versuche wurden auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Prof. Bonhoff von mir eine Anzahl von Desinfektionsversuchen mit Formaldehyddämpfen ausgeführt, deren Schilderung und Resultate den Gegenstand dieser Arbeit bildet:

## Tuberkelbazillenzüchtung nach Spengler oder Tierversuch?

Zunächst versuchte ich, um zu den Untersuchungen auf Lebensfähigkeit der Tuberkelbazillen nach der Formaldehydeinwirkung womöglich das von Spengler ([29]) angegebene Züchtungsverfahren anwenden zu können, dem er seine auffallenden Resultate verdankt, und mich von dem seither immer zur Anwendung gekommenen Tierversuch unabhängig zu machen, mich nach den Angaben des vorliegenden Aufsatzes auf diese Untersuchungsmethode einzuarbeiten.

Ich untersuchte nacheinander zwölf verschiedene Phthisikersputa mit reichlichem, zum Teil ungewöhnlich reichlichem Gehalt an Tuberkelbazillen. Dieselben wurden in 2—2½ mm dicker Schicht auf Fliefspapier in Petrischalen den Dämpfen von 3—10 Tropfen Formalin ausgesetzt, welche auf ein im Deckel des Schälchens eingeklemmtes zweites Blatt Filtrierpapier aufgeträufelt waren. Dann wurde das Sputum dieser Einwirkung bei 20—25° verschieden lange Zeit überlassen und in dünner Schicht auf in Schalen gegossene Nährböden ausgebreitet, schliefslich vor Verdunstung geschützt in den Brütschrank gestellt. Als Nährboden

Digitized by Google

wurde in erster Linie der von Spengler empfohlene und mit einem Zusatz von Somatose versehene Glyzerinagar mit Nährstoff Heyden nach Hesse (16) verwendet, welcher schon an und für sich die Reinzüchtung von Tuberkelbazillen aus Bakteriengemischen dadurch ermöglichen soll, dafs er den Begleitbakterien sehr ungünstige, den Tuberkelbazillen aber verhältnismäfsig günstige Existenzbedingungen bietet. Von diesen Platten wurden dann nach Stunden und Tagen mit sterilen Deckgläschen Klatschpräparate gemacht, welche auf Vorkommen und Verhalten der Tuberkelbazillen untersucht wurden. Erschien nun eine Vermehrung derselben wahrscheinlich, so wurden weiter von solchen Stellen, an denen die störende Anwesenheit anderer Kolonien sich ausschliefsen liefs, Abimpfungen auf Röhrchen mit für Tuberkelbazillen geeigneten Nährböden vorgenommen.

Obgleich diese Versuche in den verschiedensten Modifikationen bezüglich des Untersuchungsmaterials, der Einwirkung des Formalins nach Quantität, Zeitdauer und Temperatur, sowie der Nährböden wochenlang an vielen Dutzenden von Platten und Röhrchen fortgesetzt wurden, kam ich nicht ein einziges Mal zu dem von Spengler bei seinen zahlreichen Versuchsschilderungen berichteten Resultat, dafs sich Tuberkelbazillenreinkulturen in mikroskopisch oder gar mit blofsem Auge wahrnehmbarer Weise gebildet hätten. Ja mit absoluter Sicherheit konnte ich nicht einmal eine Anreicherung nachweisen, welche nach Spengler immer gelingen soll!

Wohl hatte man bei manchen Klatschpräparaten, besonders wenn es sich um abnorm bazillenreiche Sputa handelte, den Eindruck, als wenn eine Vermehrung der Tuberkelbazillen stattgefunden habe. Man sah in der von Spengler geschilderten Weise selten einzelne Stäbchen, meist aber paarweises oder haufenweises Zusammenliegen, auch Bildung von Schleifen und Zöpfen. Allein dann konnte man als einfachere Erklärung dieser Erscheinung niemals ausschliefsen, dafs man nur ein an Tuberkelbazillen besonders reiches Partikelchen getroffen hatte. Diese an Tuberkelbazillen abnorm reichen Sputa zeigten tatsächlich auch bei der direkten Untersuchung an manchen Stellen ganz ähnliche

Bilder von gehäuftem Vorkommen der fraglichen Stäbchen.

Immerhin will ich das Vorkommen einer Vermehrung auf der Platte nach der Formaldehydeinwirkung nicht ganz bestreiten, zur Sicherstellung einer Diagnose auf Lebensfähigkeit der Tuberkelbazillen reichten meine Beobachtungen aber nicht aus. Aufserdem kam es niemals zur Bildung deutlicher Kolonien, auch hatten die von solchen Stellen häufig vorgenommenen Abimpfungen auf Röhrchen nicht in einem einzigen Falle Erfolg!

In der Tat bewirkte die geschilderte Formaldehydeinwirkung durch Abtötung der Begleitbakterien im Sputum, dafs auf den Platten eine Entwicklung anderer Kolonien ausblieb oder bei geringerem Grade der Einwirkung nur in unbedeutendem Mafse auftrat, während Kontrollplatten schon nach wenigen Tagen von denselben überwuchert waren. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, die Platten wochenlang auf Entwicklung von Tuberkelbazillen zu beobachten. Allein auch bei dem geringsten Grade der Formaldehydwirkung, durch welchen eben das Auftreten von Kolonien der Begleitbakterien verhindert wurde, hatten diese Beobachtungen kein verwertbares positives Resultat. Man konnte sich dem Eindruck nicht entziehen, dafs dann auch schon eine Abtötung bzw. erhebliche Schädigung der Tuberkelbazillen eingetreten sei.

Es lag nahe, die Ursache für das Mifslingen der Züchtungsversuche in den zur Anwendung gekommenen Nährböden zu suchen, die zu wiederholten Malen genau nach der Vorschrift von Hesse und Spengler neuangefertigt worden waren. Wirklich ergaben Kontrollversuche mit Tuberkelbazillen-Reinkulturen, welche auf den sonstigen hierfür gebräuchlichen Nährböden gut wuchsen, dafs der von Spengler empfohlene Somatose-Heyden-Glycerin-Agar nicht nur den Begleitbakterien recht kümmerliche Wachstumsbedingungen bot, sondern dafs dies bei dem Tuberkelbazillus in ganz ähnlicher Weise der Fall war. Eine direkte Anfrage bei dem Autor des Verfahrens, Herrn Hesse, ergab denn auch den für mich immerhin tröstlichen Bescheid, dafs die Rein-

Digitized by Google

züchtung von Tuberkelbazillen aus Sputum auf dem von ihm früher beschriebenen Nährboden nur verhältnismäfsig sehr selten gelinge, da das — nach unseren Beobachtungen sehr kümmerliche — Wachstum der Begleitbakterien im Verhältnis zu dem der Tuberkelbazillen noch zu gut sei. Ein Erfolg sei erst unter Benutzung anderer, recht subtiler Mafsnahmen zu erwarten, die inzwischen auch zur Veröffentlichung gelangt sind ([17]). Allein auch die wiederholte Benutzung anderer Nährböden, auf welchen notorisch und nach Kontrollversuchen Tuberkelbazillen kräftig gediehen, führte bei unserem Material nicht zum gewünschten Ziel.

Ich will nicht unerwähnt lassen, dafs auch bei einigen Versuchen die Sputa nach der Formaldehydeinwirkung Ammoniakdämpfen ausgesetzt wurden, um etwa in ihnen enthaltenen, die Entwicklung der Tuberkelbazillen hemmenden Formaldehyd durch Umsetzung in Hexamethylentetramin unwirksam zu machen, bevor dieselben auf den Nährboden gebracht wurden. Auch hierdurch wurde eine Änderung des negativen Resultates nicht erzielt.

Die untere Grenze der Formaldehydeinwirkung, jenseits welcher es wieder zum Auftreten von Kolonien der Begleitbakterien kam, erreichte ich bei zahlreichen Versuchen etwa dann, wenn Sputum in einer Schicht von 2 mm Dicke zehn Tropfen Formalin etwa $^3/_4$—1 Stunde lang bei 20° ausgesetzt wurde. Gerade unter diesen Bedingungen stellte ich eine grofse Zahl von Untersuchungen auf Lebenserscheinungen der Tuberkelbazillen an, wie gesagt, immer mit negativem Erfolg. Bei geringerer Dosierung der Formaldehydwirkung machte das Auftreten anderer Kolonien weitere Beobachtung bald unmöglich.

Da sich also auf diesem Wege ein sicheres Kriterium der Lebensfähigkeit oder Abtötung der in dem Sputum enthaltenen Tuberkelbazillen nicht gewinnen liefs, so blieb nur übrig, wieder zum Tierexperiment zu greifen.

Zunächst wurde zwei Meerschweinchen ein tuberkelbazillenhaltiges Sputum intraperitoneal injiziert, welches in obiger Weise einer geringeren Quantität Formalin (5 Tropfen $^3/_4$ Stunden) ausgesetzt gewesen war. Auf der Platte zeigte dasselbe die Entwicklung zahlreicher Kolonien, namentlich

Digitized by Google

von Kokken, durch welche die Beobachtung der Tuberkelbazillen, welche zuerst Vermehrungserscheinungen zu zeigen schienen, schon nach 4—5 Tagen unmöglich wurde. Das eine Tier starb nach 4 Wochen und bot den Befund ausgebreiteter Tuberkulose der Bauchorgane. Das zweite wurde zugleich mit dem mit unbehandeltem Sputum eingespritzten Kontrolltier nach 6 Wochen getötet. Beide zeigten allgemeine Tuberkulose. Eine Abtötung der Tuberkelbazillen war also nicht eingetreten.

Dieser Versuch wurde noch zweimal mit anderen Sputa wiederholt, welche 10 Tropfen Formalin $^3/_4$—1 Stunde ausgesetzt gewesen waren und dann auf der Agarplatte 24 bzw. 48 Stunden im Brütschrank zugebracht hatten, um nach Spengler noch lebensfähigen Tuberkelbazillen Gelegenheit zur Anreicherung zu geben. Auf der Platte zeigten dieselben keine Bildung von anderweitigen Kolonien. Die Tuberkelbazillen lagen in Gruppen und Häufchen, ohne sich während einer etwa siebentägigen Beobachtungszeit irgendwie zu verändern. — Die Versuchstiere zeigten sich bei der Sektion, eines nach 4, drei nach 6 Wochen, vollständig gesund. Die beiden Kontrolltiere des ersten Versuchs starben in der dritten Woche, hatten chronisch peritonitische Erscheinungen und zeigten beginnende, mikroskopisch nachgewiesene Tuberkulose der Bauchorgane. Drei Kontrolltiere des zweiten Versuchs erlagen einer akuten Peritonitis wenige Stunden nach der Einspritzung; allein der Nachweis der Lebensfähigkeit und Virulenz der in dem Sputum enthaltenen zahlreichen Tuberkelbazillen dürfte wohl dadurch als erbracht anzusehen sein, dafs ein Sputum desselben Phthisikers wenige Tage vorher sich durch eine anderweitige Tierinfektion als virulent erwiesen hatte.

Bei dem Grad der Formaldehydeinwirkung, bei welchem eine Abtötung der Begleitbakterien erreicht wird, erwies der Tierversuch also auch die Tuberkelbazillen als abgetötet oder doch als infektionsunfähig.

Dies bestätigte sich mir später auch noch in einem weiteren Falle: Zur Erzielung möglichst eklatant infizierender Testobjekte

Digitized by Google

für einen der später zu beschreibenden Desinfektionsversuche hatte ich ein Phthisikersputum mit einer für Meerschweinchen sehr virulenten Tuberkelbazillen-Reinkultur versetzt. Trotz längeren Verarbeitens in der Reibschale zeigten sich bei der mikroskopischen Untersuchung desselben in jedem Gesichtsfelde neben zahlreichen einzelnen Tuberkelbazillen auch noch zusammengeklebte Häufchen derselben. Um festzustellen, ob dadurch eine erhöhte Resistenz gegen die Formaldehydwirkung bedingt sei, setzte ich einen Teil des Sputums 1 Stunde lang 10 Tropfen Formalin aus, genau in der oben beschriebenen Weise. Das hiermit subkutan infizierte Meerschweinchen zeigte sich, nach 8 Wochen getötet, vollständig gesund, während das in derselben Weise mit dem unbehandelten Sputum infizierte Kontrolltier nach 6 Wochen einer schweren allgemeinen Tuberkulose erlegen war.

Dafs allerdings die Tuberkelbazillen schwerer abgetötet werden als andere pathogene Keime, welche so oft derartige Tierinfektionen mit tuberkelbazillenhaltigem Material durch akut tödliche Erkrankungen vereiteln, bewies folgende Beobachtung: Es waren zwei mit tuberkulösem Sputum intraperitoneal infizierte Kontrolltiere eines anderweitigen Versuchs an akuter Peritonitis mit allgemeiner Kokkeninfektion verloren gegangen. Ich infizierte ein drittes in derselben Weise mit demselben Sputum, nachdem ich dies 5 Tropfen Formalin $^1/_2$ Stunde ausgesetzt hatte. Das Tier überstand die Einspritzung und wurde später in beabsichtigter Weise tuberkulös. Es waren also bei dieser geringeren Formaldehydeinwirkung zwar die Erreger der akuten Peritonitis, Eiterkokken u. dgl., nicht aber die Tuberkelbazillen abgetötet worden.

Durch den Ausfall dieser Versuche scheint mir gegenüber Spengler bewiesen zu sein, dafs erstens die Resistenz der Tuberkelbazillen gegenüber dem Formaldehyd nicht eine so viel gröfsere ist als die ihrer Begleitbakterien, dafs sich daraus eine praktisch zu diagnostischen Zwecken verwendbare Methode ihrer Isolierung und Reinzüchtung aus den meist in Betracht kommenden Bakteriengemischen schaffen liefse, und zweitens, dafs

Digitized by Google

Tuberkelbazillen in feuchtem Sputum sich durch Formaldehyddämpfe abtöten lassen, und zwar nicht sonderlich schwer!

Zu entscheiden, ob dies auch bei der Wohnungsdesinfektion zutreffend ist, bleibt späteren Versuchen vorbehalten. — Dafs auch bei anderen Untersuchern das Spenglersche Verfahren keine praktischen Resultate gehabt hat, ersehe ich aus einem Bericht der Sputumuntersuchungsstelle am Hygienischen Institut zu Giefsen von Königer (19), wo ebenfalls durch Formaldehyd mit der Behinderung des Wachstums der Begleitbakterien eine Schädigung der Tuberkelbazillen und vollständiges Ausbleiben deutlicher Entwicklung und Kolonienbildung beobachtet wurde.

Tuberkelbazillenhaltiges Material in feuchtem wie in angetrocknetem Zustande ist schon seit den ersten Anfängen der Formaldehyddesinfektionsfrage den Versuchen ausgesetzt und dann durch Impfung auf Tiere auf Abtötung der Tuberkelbazillen untersucht worden.

Walter (33), Aronson (4) Moeller, Valagussa [nach Steinitz (31)], Bosc (5), Vaillard-Lémoine (32), Fairbanks (9) berichten von erfolgreicher Abtötung angetrockneten tuberkulösen Sputums in verschiedenen Formen, z. B. auch in Verreibung mit Sand.

Pfuhl (23) erklärt frisches und trocknes tuberkulöses Sputum auf Grund seiner Versuche für ziemlich leicht zu desinfizieren. Flügge (11) gibt in seiner grundlegenden Arbeit die Resultate der Neisserschen Versuche bezüglich frischen und angetrockneten Tuberkulosesputums an acht Versuchstieren als durchaus positiv an. Ebenfalls hatte Hefs (13) bei seinen im hiesigen Institut ausgeführten Untersuchungen durchaus günstige Erfolge bis auf ein Objekt, welches aufsergewöhnlich weit, im dritten Zimmer, aufgestellt war, wo auch Typhus nicht abgetötet wurde.

Steinitz (31) findet bei ausgedehnten Untersuchungen über Desinfektion des phthisischen Sputums in den Formaldehyddämpfen ein sehr wirksames Mittel. Allerdings versagt dasselbe nach seinen Erfahrungen gegenüber sehr dicken, blasig angetrockneten Sputumkrusten, da dieselben nicht genügend von

Digitized by Google

Feuchtigkeit, dem Träger der Formaldehydwirkung durchdrungen werden, was sich aber durch längeres Aufweichen wohl verbessern lasse. Er sagt u. a.: »In Betracht kommt dies nur gegenüber grob beschmutzten, deutlich sichtbaren Stellen. Dünn angetrocknete Massen, verwischte Reste an Gegenständen, tuberkelbazillenhaltiger Staub werden sicher desinfiziert und deshalb ist die Methode für Desinfektion von Phthisikerräumen sehr zu empfehlen.«

Neuerdings hatte ebenfalls Jörgensen ([18]) in einer sehr gründlichen Arbeit über Formaldehyddesinfektion von Uniformen u. dgl. bei tuberkelbazillenhaltigen Objekten sehr gute Erfolge. Bei 21 Objekten von mit Sputum infizierten getrockneten Tuchstücken und mit Sputum gemischter und dann getrockneter Erde ist in 19 Versuchen nur in einem Fall die Abtötung ausgeblieben, wo es sich um eine 4 mm dicke Erdschicht handelte.

Alle diese von den verschiedensten Seiten stammenden, auf Grund einwandfreier Versuchsanordnungen angestellten Untersuchungen liefern in durchaus übereinstimmender Weise für die Formaldehyddesinfektion bezüglich der Tuberkelbazillen günstige Resultate, soweit die Objekte entsprechend der uns längst bekannten Wirkungsweise der Formaldehyddämpfe von diesen erreicht bzw. durchdrungen werden konnten.

## Die Ammoniakbehandlung der Testobjekte.

Wie schon oben erwähnt, hat Roemer ([26]) an der Hand einiger Versuchsresultate die bisherigen Prüfungsmethoden bei Untersuchungen über Formaldehyddesinfektion einer Kritik unterzogen und die Forderung aufgestellt, die Testobjekte immer durch eine Ammoniakbehandlung vor der Einbringung auf Nährböden von dem ihnen anhaftenden Formaldehyd zu befreien. Sicher ist die Geltendmachung der Geppertschen Vorschrift, daſs bei Desinfektionsversuchen immer das Desinfiziens vollständig aus dem Objekt entfernt oder durch chemische Umsetzung unwirksam gemacht werden müsse, gerade bei dem so zäh anhaftenden Formaldehyd durchaus berechtigt. Tatsächlich ist auch die Berück-

Digitized by Google

sichtigung dieses Gesichtspunkts bei den Prüfungen der Formaldehyddesinfektion, wie Roemer selbst hervorhebt, durchaus nicht neu. Derselbe ist schon von zahlreichen — Schumburg ([28]) schreibt 1898: von den meisten, wenn auch längst nicht allen — Untersuchern in Betracht gezogen worden.

Schon Pottevin ([24]) wandte bei seinen Untersuchungen über die bakterizide Kraft des Formaldehyds zur Entfernung desselben eine Ammoniakwaschung der Objekte sowie einen Ammoniakzusatz zu den Nährböden an. Aronson ([1]), Rosenberg ([27]) und Fairbanks ([9]) haben bei ihren Versuchen regelmäfsig eine Abspülung der Testobjekte mit verdünntem Ammoniak vorgenommen. Bei den Flügge-Neifserschen ([11]) Untersuchungen wurde von einer solchen Nachbehandlung ausdrücklich nur abgesehen, weil von ihnen regelmäfsig in der von Flügge eingeführten Desodorisation durch eingeleitete Ammoniakdämpfe eine ausgiebige anderweitige Ammoniakeinwirkung veranlafst wurde. Da diese seither wohl allgemein gebräuchlich geworden ist, so arbeiten auch die meisten späteren Untersucher bis zu einem gewissen Grade wenigstens mit einer Ammoniaknachbehandlung der Objekte.

Hammerl und Kermauner ([14]) verglichen schon 1898 die Resultate mit und ohne Ammoniaknachbehandlung und fanden zwar einen Unterschied zugunsten der letzteren, doch erschien ihnen derselbe, da auch die Resultate nicht gleichmäfsig waren, zu gering, als dafs deshalb der Methode allgemeinere Bedeutung zukomme. Sie wiesen darauf hin, dafs auch in der Wirklichkeit den der Desinfektion unterworfenen Objekten der ihnen anhaftende und auf die Krankheitskeime fortgesetzt schädigend einwirkende Formaldehyd nicht genommen werde. Funck [nach Roemer ([25]) und Hefs ([15])] unterzog die Frage ebenfalls einer Untersuchung und kam zu dem Schlusse, dafs eine Abspülung in genügenden Bouillonmengen der Ammoniakwaschung gleichwertig sei, und dafs letztere keinerlei Vorteile biete, was allerdings den Resultaten von Roemer widerspricht.

Direkt gegen die Ammoniakbehandlung sprach sich Schumburg ([28]) aus, da er sie auf Grund chemischer Untersuchungen

Digitized by Google

durchaus ungeeignet fand, den an den Objekten haftenden Formaldehyd zu entfernen. Er wies nach, dafs in einem Seidenfaden, Papier- oder Stoffstückchen, welches drei Stunden einer Formaldehydatmosphäre ausgesetzt gewesen war, noch nach Einwirkung konzentrierter Ammoniakdämpfe, nach Abspülung in Ammoniaklösung, ja nach 24stündigem Aufenthalt in 10% Ammoniak beträchtliche Formaldehydmengen enthalten waren. Auf Grund kultureller Versuche empfiehlt er zur Entfernung des anhaftenden, auch von ihm in hohem Grade als entwicklungshemmend erwiesenen Formaldehyd nur die Abspülung und Unterbringung in flüssigen Nährböden, speziell in flüssig gemachtem Agar.

So war es durchaus nicht immer Ungründlichkeit oder Bequemlichkeit, warum viele Untersucher eine Nachbehandlung mit Ammoniak unterliefsen, sondern es sprachen dabei Beobachtungen und Erwägungen verschiedenster Art mit. Jörgensen (18) wandte auch zur Desodorisation kein Ammoniak an, weil er befürchtete, dafs sich das gebildete Hexamethylentetramin wieder spalten und Formaldehyd wieder frei werden würde, auch wies er quantitativ nach, dafs der mit den Objekten in die Nährböden gebrachte Formaldehyd nicht genügen würde, um demselben entwicklungshemmende Eigenschaften zu geben. Auf ähnliche Gründe stützt Flick (10) seine Unterlassung der Ammoniakabspülung.

Betrachtet man nun diesen aus Praxis und Theorie abgeleiteten Erwägungen gegenüber die zwar wenig zahlreichen aber eklatanten Versuchsresultate Roemers, so besteht kein Zweifel, dafs die Gegensätze nur durch Nachprüfung und Vergleichung der Resultate mit und ohne Ammoniakbehandlung geklärt werden können.

Um einen Beitrag hierzu zu liefern, wurden die nachfolgend geschilderten Desinfektionsversuche vorgenommen, bei welchen gleichzeitig die Einwirkung auf Tuberkelbazillen geprüft werden sollte.

Digitized by Google

## Eigene Desinfektionsversuche.

### Versuchsräume.

Es kam uns darauf an, die vorzunehmenden Desinfektionen möglichst unter Benutzung und Nachahmung der praktischen Verhältnisse auszuführen. Nur zu einigen orientierenden Vorversuchen empfahl es sich, kleinere Raumverhältnisse zu wählen.

Ich benutzte hierzu:

1. Einen vollständig abgedichteten Abzug des chemischen Laboratoriums, welcher mittels einer herausnehmbaren und wieder durch Glaserkitt luftdicht einzusetzenden Glasscheibe das Hineinbringen und Herausnehmen der Testobjekte gestattete. Sein Rauminhalt betrug etwa 1 cbm. Die Wandungen bestanden gröfstenteils aus Glas, sonst aus lackiertem Holz, mit glasierten Platten belegter Mauer und einem Boden von Sandstein. Die Formaldehyd-, Wasser- und Ammoniakdämpfe wurden durch ein luftdicht eingepafstes, in der Nähe des Bodens mündendes Glasrohr aus einem daneben aufgestellten Glaskölbchen eingeleitet.

2. Ein Zimmer von 3,60 : 5,20 m Grundfläche und 3,85 m Höhe, mithin einen Rauminhalt von 72 cbm. Dasselbe besitzt ein grofses, gut schliefsendes Fenster, eine gut schliefsende Tür, enthält einige Möbelstücke und einen Gasofen mit Abzugsrohr. Der Fufsboden besteht aus lackierten Holzdielen mit unbedeutenden Fugen, die Wände sind mit Ölfarbe glatt gestrichen, die Decke ist weifs getüncht. Zur Abdichtung wurden die Fenster mit Papierstreifen verklebt, das Ofenrohr verstopft und mit doppeltem Packpapier überklebt, die Türöffnung mit Abdichtungsstreifen versehen, gegen welche — nach gründlicher Anfeuchtung derselben — die Tür durch oben und unten angebrachte Vorrichtungen fest angezogen werden konnte.

Es handelte sich also bei diesem Raum sowohl bezüglich der Gröfse und Abdichtung, als der Quantität und Qualität der Oberflächen um für die Desinfektion relativ günstige Verhältnisse.

3. Einen etwa 30 cbm grofsen als Tierstall für kleinere Versuchstiere dienenden Raum mit zwei Fenstern, deren eines — nicht ganz exakt schliefsend — nach aufsen, das andere nach dem

Digitized by Google

Nebenraume führt, sowie einer gut schliefsenden Tür. Wände und Decke sind mit Kalkfarbe gestrichen, der Holzfufsboden ist ursprünglich lackiert, aber stark abgenutzt, ohne bedeutendere Spalten. Der Raum war gefüllt mit einem gröfseren Tisch und darauf stehenden hohen Regal mit Gebrauchsgegenständen aller Art, mit Drahtkäfigen, hölzernen Tierbehältern mit Drahtgittertüren, einer grofsen, oben offenen Kiste für Kleintiere am Boden. Er war stark verschmutzt, enthielt viel Staub und Spinnweben, Futter- und Streureste, sowie reichlichen Tiermist in den Käfigen. Im Sommer war deutlicher Ammoniakgeruch bemerkbar. Die Abdichtung mufste sich auf Beseitigung gröfserer Fugen des schlecht schliefsenden Fensters beschränken.

Die Verhältnisse zählten deshalb wegen der mangelhaften Abdichtung sowohl, als der durch den vielgestaltigen Inhalt bedingten Oberflächenvermehrung, vor allem aber wegen der grofsen Mengen absorbierenden und selbst Ammoniak ausströmenden organischen Materials zu den ungünstigsten, die überhaupt jemals bei der Wohnungsdesinfektion, soweit es sich um geschlossene Räume handelt, vorkommen können.

### Testobjekte.

Bei der Wahl der der Desinfektion auszusetzenden Testobjekte verzichtete ich darauf, eine gröfsere Zahl verschiedener Mikroorganismen zu benutzen, weil dadurch die Untersuchung der uns interessierenden Fragen nur unnütz kompliziert würde, auch derartige Versuche schon zur Genüge vorliegen. Auch sah ich davon ab, Reinkulturen in Kulturröhrchen aufzustellen, wie es bei anderen, selbst neueren Versuchen geschehen ist, da unsere heutige Kenntnis der Formaldehydwirkung eine Abtötung derartiger Objekte von vornherein ausschliefst, und ähnliche Anhäufungen von pathogenem Material in der Praxis der Wohnungsdesinfektion nie vorkommen dürften.

Ich beschränkte mich deshalb auf dreierlei Objekte:

1. Milzbrandsporen als Vertreter der widerstandsfähigsten Dauerformen. Dieselben wurden aus einer mehrtägigen Agarkultur in üblicher Weise an Seidenfäden, in einigen Versuchen

auch an böhmische Granaten angetrocknet, einmal auch als Bouillonaufschwemmung verwendet.

2. Staphylococcus pyogenes aureus als Vertreter der für die pathogenen Keime am meisten in Betracht kommenden Wuchsformen, ebenfalls in Antrocknungen 24—48stündiger mit Bouillon aufgeschwemmter Agarkulturen an Seidenfäden, Filtrierpapier und Granaten, sowie als Bouillonaufschwemmung in feuchtem Zustand.

Gerade der Staphylococcus pyog. aur. wird in der Literatur wiederholt als das geeignetste Testobjekt für Formaldehydwirkung bezeichnet, durch dessen Abtötung eine hinreichende Desinfektion gewährleistet sei. [Pfuhl (23), Funck nach Hefs (15)]. Bei den Untersuchungen von Flügge (11), nach Abba und Rondelli (2), besonders aber bei Desinfektionen von Eisenbahnwagen durch Reichenbach (25) zeigte sich der Staphylokokkus weit resistenter als Milzbrandsporen. So wurde z. B. nach Letzterem auf dem Boden eines Viehwagens eine mehrere Millimeter dicke Schicht Kuhkot, welchem Milzbrandsporen beigemengt waren, durch Desinfektion mit Formaldehyddämpfen abgetötet (sicher eine respektable Leistung!), während dicht daneben Staphylokokkenfäden lebensfähig blieben. Ja bei der Desinfektion eines Coupés zweiter Klasse mufste bei der gewaltigen Dosis von 80 g Formaldehyd pro cbm auf die Abtötung der Staphylokokkenobjekte zwischen den Polstern verzichtet werden, während dieselbe bei Milzbrandsporenfäden gelang!

Diese Beobachtungen stehen im Gegensatz zu denjenigen der meisten anderen Untersucher, da sich gewöhnlich die Abtötung der Staphylokokken durch Formaldehyddämpfe viel leichter erweist als diejenige der Milzbrandsporen, was ja auch der Resistenz beider gegen andere Faktoren entsprechen würde. Die Lösung des Rätsels findet sich in der weiteren Angabe von Flügge, dafs diese aufsergewöhnliche Resistenz sich im Unterschied gegen fünf andere Staphylokokkenstämme nur bei einem Stamme seiner Sammlung finde, der sich auch besonders widerstandsfähig gegen Sublimat und äufserst virulent bei Tier und Mensch erwiesen habe. Genauere Angaben hierüber

Digitized by Google

macht er nicht weiter. Und Reichenbach bemerkt bezüglich der Resistenz seiner Objekte gegen andere Abtötungsmittel, dafs seine Milzbrandsporen strömenden Dampf nur 2—3 Minuten, die Staphylokokken aber 5% Karbolsäurelösung 11 Minuten ausgehalten hätten, dafs es sich also um wenig resistente Milzbrandsporen und aufsergewöhnlich hochresistente Staphylokokken gehandelt hat. Dafs das auffallende Ergebnis seiner Untersuchungen auch in einem anderen Punkt seiner Prüfungsmethode begründet ist, wird später noch zu erwähnen sein.

Dafs die Resistenz derselben Bakterienart durchaus keine feststehende Gröfse ist, mit welcher man irgend eine Desinfektionswirkung auch nur einigermafsen ohne weitere Angaben charakterisieren kann, ist eine längst feststehende Tatsache. Dieselbe zeigt sich nach dem Stamm, den Züchtungsbedingungen, dem Alter der Kultur, dem Alter und Modus der Antrocknung, der Aufbewahrung und wohl noch vielen anderen Faktoren in ganz aufserordentlich weiten Grenzen verschieden. Bezüglich der Milzbrandsporen wird diese Tatsache bei ihrer verbreiteten Verwendung zu Desinfektionsversuchen aller Art praktisch wohl allgemein in Rechnung gezogen. Schon v. Esmarch (8) zeigte, dafs neben Milzbrandsporen, welche die von Koch in seinen grundlegenden Untersuchungen gefundenen Resistenzgrade — nämlich 2—3 Minuten gegen strömenden Dampf und etwa 2 Tage gegen 5% Karbolsäure — besafsen, auch solche vorkommen, welche bis zu 12 Minuten Dampf und bis 42 Tage 5% Karbolsäure aushalten. Auch bezüglich der Staphylokokken weist er auf ähnliche Verschiedenheiten der Resistenz gegen dasselbe Desinfektionsmittel hin, und dafs dieselben auch gerade bezüglich des Formaldehyds vorhanden sind, beweisen die obigen Angaben von Flügge und Reichenbach. Dafs unter diesen Umständen eine Vergleichung der Resultate von verschiedenen Desinfektionsversuchen mit verschiedenen Objekten — wenn auch derselben Bakterienart — nur dann Wert hat, wenn deren Resistenzgrad irgendwie näher gekennzeichnet ist, liegt auf der Hand. Die positiven Resultate des einen Versuchs können durch die gleiche Desinfektionswirkung der zu untersuchenden Methode bedingt sein, als die



Digitized by Google

negativen des anderen. Die gröfste Beachtung verdient deshalb die alte Forderung von Kroenig und Paul (20), dafs die Testobjekte in jedem Falle bezüglich ihrer Resistenz gegen andere bekanntere Abtötungsmittel (strömender Dampf, Karbol, Sublimat) am besten gegenüber mehreren geprüft werden, wenn dies auch als nicht unbedingt mafsgebend gegenüber dem zu untersuchenden Mittel anzusehen ist. Leider ist hierauf aber in der Literatur der Formaldehyddesinfektion nur ausnahmsweise Rücksicht genommen, da die häufiger zu findenden Angaben über Herstellungsweise und Alter der Testobjekte zur Beurteilung der Resistenz im allgemeinen nicht genügen. Daran, dafs so oft nur von Milzbrandsporen oder Staphylokokken schlechthin die Rede ist, liegt es zweifellos in sehr vielen Fällen, dafs sich so viele in direktem Widerspruch befindliche Versuchsresultate finden, bei denen der Grund in ganz anderen Faktoren gesucht wird.

Die von mir bei den vorliegenden Versuchen verwendeten Milzbrandsporenobjekte wurden bei jeder Neuanfertigung und auch sonst wiederholt auf ihre Resistenz gegen strömenden Dampf untersucht. Sie zeigten, von einer 7—9 tägigen Agarkultur aus älteren, im Institut aufbewahrten Sporenfäden gewonnen, eine das Durchschnittsmafs (3—5 Minuten) übersteigende, wenn auch nicht aufsergewöhnlich grofse Resistenz, indem sie erst nach 5—7 Minuten abgetötet wurden. Dieser Grad hielt sich bei entsprechender Aufbewahrung Wochen und Monate lang ungefähr auf gleicher Höhe. Bezüglich ihrer aufserordentlich grofsen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Desinfizientien möchte ich noch hinzufügen, dafs die bei den letzten Versuchen benutzten Fäden (Resistenz gegen Dampf: 7 Minuten) durch 5% Karbolsäurelösung selbst nach einer Einwirkung von 70 Tagen keine deutliche Einschränkung ihrer Wachstumsfähigkeit erlitten hatten.

In einigen Versuchen nur (8. 9. 15.) waren versehentlich aus frischer Agarkultur bereitete Fäden, welche von Dampf schon nach $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ Minuten abgetötet wurden, zur Verwendung gekommen, was sich auch in auffallender Weise an den Resultaten zeigte.

Digitized by Google

Auch bezüglich des von mir benutzten Staphylokokkenmaterials möchte ich zur Beurteilung der Resistenz, die ja nach obigen Ausführungen von grofser Wichtigkeit ist, einige genauere Angaben vorausschicken: Es kam ein aus Furunkeleiter stammender, etwa 3/4 Jahr auf künstlichen Nährböden weiter gezüchteter Stamm von Staphylococcus pyogenes aureus zur Anwendung, von welchem 24—48 stündige, bei Brüttemperatur gewachsene Agarkulturen mit etwas Bouillon abgeschwemmt und bei Lufttemperatur oder meist im Brütschrank ohne Verwendung des Exsikkators angetrocknet wurden. Diese Objekte zeigten sich von strömendem Dampf schon in 15 Sekunden abgetötet, hatten frisch gegen 5% Karbolsäure bei Zimmertemperatur eine Resistenz von 4—5 Minuten. Bei kühler und dunkler Aufbewahrung sank dieselbe in einer Woche auf etwa 3—4 Minuten, und während dieser Zeit wurden sie gewöhnlich angewandt. Auf dieser Höhe aber blieb die Resistenz einige Wochen, um dann langsam zu sinken. Noch nach 8 Monaten wuchsen die Objekte, wenn auch zögernd, auf Agar aus, wurden dann aber schon in 1/2 Minute von 5% Karbolsäure abgetötet.

Es gelang mir nur schwer, in der Literatur gleichmäfsige Angaben über die durchschnittliche Resistenz des Staphylococcus pyogenes aureus zu finden. Allein nach wiederholten Prüfungen auch gegenüber anderen Desinfizientien bin ich durch Vergleichung mit den von verschiedenen Autoren gelieferten Zahlen zu der Ansicht gekommen, dafs es sich bei dem unseren um ein widerstandsfähigeres, wenn auch nicht ausnahmsweise widerstandsfähiges Staphylokokkenmaterial handelte.

3. Tuberkelbazillenhaltiges Material. Mit Ausnahme eines Versuchs (Nr. 20), wo ich zur Vergleichung die Antrocknung einer Tuberkelbazillen-Reinkultur an Glasstückchen verwendete, wählte ich, um den Verhältnissen der Wirklichkeit möglichst nahe zu kommen, Phthisikersputum, dessen Gehalt an virulenten Tuberkelbazillen mikroskopisch und durch den Tierversuch festgestellt wurde. Dasselbe wurde teils frisch in Schalen oder auf Gegenständen in etwa einem Auswurfsballen



Digitized by Google

entsprechenden Quantitäten, oder in ähnlicher Dicke als Antrocknung an Holz, Leinwand, Papier und Glas den Versuchen ausgesetzt. Wie schon oben erwähnt, setzte ich auch einmal, um möglichst eklatante Infektionsresultate zu erzielen, dem Sputum noch reichliche Quantitäten einer für Meerschweinchen hochvirulenten Reinkultur zu, welche in der Reibschale gründlich mit demselben vermischt wurde.

Hierbei verursachten mir anfangs die praktisch besonders wichtigen Sputumantrocknungen unerwartete Schwierigkeiten, da dieselben sich wiederholt, obgleich sie mit einem nachgewiesen virulenten Sputum hergestellt waren, als nicht infektionsfähig erwiesen, so daſs mehrere Versuchsreihen wegen des negativen Ausfalls der Kontrollinfektionen auſser Betracht gelassen werden muſsten. Ich erklärte mir die Sache schlieſslich damit, daſs in dem Sputum, dessen Antrocknung ich in möglichster Anlehnung an die Verhältnisse der Wirklichkeit bei Sommertemperatur an der Luft erreichen wollte, Zersetzung und Verflüssigung eingetreten war, wodurch einerseits der gröſste Teil des Materials von den Unterlagen heruntergeflossen, anderseits vielleicht die Tuberkelbazillen durch den Fäulnisvorgang geschädigt worden waren. Ein anderes Mal, wo ich die Objekte zur schnelleren Trocknung in den höher temperierten Wärmeschrank gestellt hatte, mag die versehentlich über 55° gestiegene Temperatur die Ursache gewesen sein. Später dagegen erhielt ich ausnahmslos infizierende Objekte dadurch, daſs ich flache, das Herabflieſsen nicht leicht gestattende Unterlagen, namentlich Glasplättchen mit dicken Sputummassen versah und im Exsikkator über Schwefelsäure bei Brüttemperatur einer Schnelltrocknung aussetzte. Es gelang auf diese Weise, ohne Schwierigkeiten im Laufe von 24—36 Stunden Sputumschichten, welche die Dicke eines auf einer Fläche sich ausbreitenden Auswurfballens hatten, also etwa 2—2½ mm, ohne Verlust auf der Unterlage zu fixieren und zu einem gewöhnlich ziemlich gleichmäſsigen Überzug anzutrocknen. Nur wenn ganz auſsergewöhnlich dicke, schleimig-eitrige Bällchen vorhanden oder versuchsweise mehrere Schichten übereinander angetrocknet

Digitized by Google

wurden, kam es zu blasigen Abhebungen der Krusten, welche begreiflicherweise einer Desinfektion der ganzen Schicht einen besonders grofsen Widerstand entgegensetzen (s. Steinitz [31]). Bei einem Versuch wurde das Sputum auch direkt in Tischhöhe auf die Wand und in einer Zimmerecke an den Fufsboden in dicker Schicht angetrocknet, wie es in Aufenthaltsräumen sehr unreinlicher Phthisiker vorzukommen pflegt.

**Entwicklung der Formaldehyd-, Wasser- und Ammoniakdämpfe.**

Die Entwicklung der Formaldehyd- und Wasserdämpfe geschah im allgemeinen nach der Breslauer Methode und bei den Zimmerversuchen auch mit dem im Zimmer aufgestellten Breslauer Apparat. Auch bei den Versuchen im Abzug wurde das Formaldehyd in gleicher Weise durch Erhitzen von verdünntem Formalin in einem Glaskölbchen erzeugt und durch ein Glasrohr eingeleitet. Nur wenn die höhere Flüggesche Dosis von 5,0 Formaldehyd pro cbm wesentlich überschritten werden sollte, liefs sich die Breslauer Methode nicht anwenden, da sonst, um den zur Vermeidung der Polymerisation notwendigen Verdünnungsgrad (v. Brunn) aufrechtzuerhalten, zu grofse Wassermassen hätten verdampft werden müssen. In diesen Fällen nahm ich deshalb den Scheringschen »kombinierten Aeskulap« bei dem die Wasserverdampfung von der Quantität der vergasten Pastillen unabhängig ist. Einmal benutzte ich auch zur Erzeugung gröfserer Formaldehydmengen den Autoklaven von Trillat, bei welchem die Dämpfe mit 3 Atmosphären Druck in den Raum geschleudert wurden.

In allen Fällen wurde auf vollständige Sättigung der Luft des Versuchsraumes mit Wasserdämpfen gesehen und dies auch bei den meisten Versuchen mit dem Haarhygrometer kontrolliert. Soweit dies nicht, wie bei der instruktionsgemäfsen Durchführung der Breslauer Methode, gleichzeitig mit der Formaldehydentwicklung geschah, wurde es durch besondere Wasserverdampfung bewirkt.

Auch die Einleitung von Ammoniakdämpfen zur Entfernung des Formaldehyds kam mit wenigen Ausnahmen, die

Digitized by Google

in den Tabellen ersichtlich sind, genau in der von Flügge angegebenen Weise zur Anwendung. Nach derselben blieb der Raum nach durchschnittlich $^3/_4$—1 Stunde, einmal auch über Nacht (ca. 15 Stunden) geschlossen, bevor die Testobjekte gesammelt wurden.

## Prüfungsmethoden.

Die Technik der Untersuchungen auf Lebensfähigkeit der in den Objekten enthaltenen Testbakterien wurde im Hinblick auf die von Roemer erhobene Kritik der seitherigen Prüfungsmethoden ganz besonders kultiviert und je nach den Erfahrungen bei den vorhergegangenen Versuchen wiederholt modifiziert. Besonders wurde zur Erledigung der vorliegenden Aufgabe einerseits eine direkte Übertragung der Objekte auf Nährböden ohne irgend eine auf Entfernung des Formaldehyds gerichtete Mafsnahme vorgenommen, anderseits dieselben Objekte, soweit es nicht durch alsbaldige Auskeimung zwecklos erschien, direkt oder nach vorherigem Aufenthalt in Bouillon einer Ammoniakbehandlung nach Roemer unterzogen, dann auf denselben Nährböden und unter denselben Bedingungen vergleichungsweise beobachtet. Auch diese Ammoniakbehandlung, zu welcher sterile Lösungen in der gewünschten Konzentration durch Einleiten von Ammoniakdämpfen in steriles Wasser hergestellt wurden, erfuhr in der aus den Tabellen ersichtlichen Weise verschiedene Modifikationen bezüglich Einwirkungsdauer und Temperatur.

Ein grofser Teil der Untersuchungen wurde ferner durch gleichzeitige Überimpfungen auf Agar und Bouillon vorgenommen. Da aber die Auskeimung entschieden häufiger auf Agar zu erfolgen pflegte, beschränkte ich mich schliefslich, trotzdem im allgemeinen bei solchen Untersuchungen feste Nährböden für ungeeignet gehalten werden, auf Grund dieser unbestreitbaren Tatsache mehr auf letzteres und kombinierte der Einfachheit halber bei der Untersuchung der Granaten beide Nährböden in der Art, dafs ich das Agarröhrchen zur Hälfte mit Bouillon füllte, eine Granate in dieser und eine zweite in einer kleinen mit der Öse gegrabenen Höhle des Agars unterbrachte.

Digitized by Google

Bald nach den ersten Untersuchungen stellte sich durch die Häufigkeit der Spätauskeimungen die Notwendigkeit heraus, eine Verlängerung der Beobachtungsdauer weit über das von den meisten Untersuchern angegebene Mafs vorzunehmen. Ich dehnte dieselbe bei den meisten Untersuchungen auf 30 Tage aus.

Während dieser Zeit wurden die Röhrchen bei Brüttemperatur gehalten, und bei jeder eintretenden zweifelhaften Veränderung die Natur derselben durch genaue Untersuchungen unter dem Mikroskop, öfters auch mit dem Tierversuch festgestellt. Sämtliche Prüfungen der tuberkelbazillenhaltigen Objekte nahm ich, da die Züchtungsmethode nach Spengler nicht in Betracht kommen konnte, durch den Tierversuch vor, wobei ich vorausschicken will, dafs von einer regelmäfsigen Ammoniakabspülung dieser Objekte nach einigen negativ verlaufenden Orientierungsversuchen abgesehen wurde, zumal eine störende Einwirkung der etwa an den Objekten haftenden Spuren von Formaldehyd im lebenden Tierkörper nicht wahrscheinlich erschien.

Von den frischen Sputa wurden kleinere, genau den Kontrollversuchen entsprechende Quantitäten den Meerschweinchen in die Bauchhöhle gespritzt, oder, wie in den meisten Fällen, unter die Bauchhaut gebracht, weil dadurch tödliche Nebeninfektionen leichter vermieden werden, auch der Verlauf der Erkrankung sich leichter von aufsen kontrollieren läfst. Die trockenen Objekte wurden ebenfalls, soweit das angängig war, in toto unter die Bauchhaut eingenäht. Bei Papier-, Leinwand- und besonders bei den meistens verwandten Glasobjekten, welche als 1 : 2 cm grofse Plättchen durch Abrundung der Ecken und Kanten hierzu vorbereitet waren, gelang es in sehr vielen Fällen, namentlich aber, wenn sich eine tuberkulöse Erkrankung nicht entwickelte, dieselben dauernd einzuheilen, so dafs sie bei der Sektion noch vorgefunden wurden. Wenn es aber zur Ausstofsung kam, so geschah dies gewöhnlich nicht vor 14 Tagen, so dafs inzwischen Gelegenheit zur Infektion genügend vorhanden gewesen war. War aber die Einbringung des ganzen Objekts nicht möglich, z. B. bei Antrocknungen an Holzbrettchen, an Fufsboden und

Digitized by Google

Wand, so wurden die Massen durch Bouillon aufgeweicht, steril abgeschabt und in Bouillonverreibung subkutan oder intraperitoneal eingespritzt.

Der Endbefund wurde in allen Fällen durch die Sektion erhoben und hierbei alle Organe besichtigt, einerlei ob die Tiere vollständig gesund erschienen, ob sie krank gewesen oder spontan verendet waren. Bei allen zweifelhaften Veränderungen wurden die betreffenden Teile eingehend mikroskopisch untersucht und der Nachweis von Tuberkelbazillen in Ausstrichen oder Schnitten zu erbringen gesucht. Durchschnittlich wurde die Tötung nicht vor Ende der 6. Woche vorgenommen. Verendeten Tiere vor dieser Zeit, so wurden auch bei makroskopisch negativem Befund Impfstelle und benachbarte Lymphdrüsen mikroskopisch auf Tuberkelbazillen untersucht und erst nach negativem Befund die Diagnose bezüglich der Tuberkulose auf negativ gestellt. Vor vollendeter zweiter Woche aber wurden derartige Resultate immer als zweifelhaft angesehen und aufser Betracht gelassen.

Selbstverständlich kamen in allen Fällen, sowohl bei den Kultur- als bei den Tierversuchen mit den gleichen Objekten Kontrollimpfungen unter denselben Bedingungen zur Ausführung und nur diejenigen Reihen, bei welchen dieselben einwandsfrei ausgefallen waren, kamen zur Verwertung unter den Versuchsresultaten. Dafs uns hierdurch eine Zahl von Versuchen über Tuberkelbazillenabtötung verloren ging, ist schon oben erwähnt worden.

## I. Versuche im Abzug.

Da bei einem kleinen Raum das Verhältnis der Wandungsoberfläche zum Rauminhalt und somit auch zu der hiernach berechneten Formaldehydmenge ein gröfseres ist und die in einen Raum eingeführten Formaldehydmengen sich in Kürze zum gröfsten Teil auf die Oberflächen niederschlagen [v. Brunn (6) Peerenboom (22)], so mufste bei diesen Versuchen ein verhältnismäfsig gröfseres Formaldehydquantum zur Erzielung desselben Effekts in Rechnung gezogen werden. Tatsächlich war

Digitized by Google

auch die bei der Einleitung der Ammoniakdämpfe auftretende Nebelbildung im Verhältnis zu den Zimmerversuchen auffallend gering, obgleich ein Entweichen des Formaldehyds durch Undichtigkeiten hier so gut wie ausgeschlossen war, was ja auch aus der guten Desinfektionswirkung zu schliefsen ist. Es müssen also am Ende der Versuche in der Luft nur noch Spuren von Formaldehyd vorhanden sein.

(VI.) 11. VII. 03. **Versuch 1.** *)

Abzug. 1 cbm. 12,0 Formaldehyd. Versuchsdauer verschieden. Frisches Tb.-Sputum in Schalen (2 mm hoch). Temp. 20°.

| Dauer 3 Stunden | Dauer 3 Stunden | Dauer 2 Stunden |
| --- | --- | --- |
| Intraperitoneale Einspritzung nach 18 Stunden | dann Einwirkung von $NH_3$-Dämpfen durch in den Deckel der Schale auf Fliefspapier getraufeltes Ammoniak während 18 Stunden, dann Einspritzung ip. | |
| $M_1$: † nach 6 Stunden an Peritonitis. | $M_3$: nach 13 Wochen = 0. | $M_5$: † nach 2 Wochen an Pfeifferscher Pseudotuberkulose. |
| $M_2$: † nach 6 Stunden an Peritonitis. | $M_4$: nach 13 Wochen = 0. | $M_6$: nach 13 Wochen = 0. |

Kontrolle: 2 M: nach 12 und 13 Wochen = ×××.

Auch in gröfseren Räumen gelingt es also, allerdings hier unter Verwendung ziemlich bedeutender Formaldehydmengen, die Tuberkelbazillen eines frischen Sputums in Auswurfsdicke (2 mm) abzutöten.

Der akute Tod der beiden Meerschweinchen, welchen das nicht mit $NH_3$ nachbehandelte Sputum eingespritzt wurde, liefs sich durch Untersuchung auf eine bazilläre Infektion nicht aufklären. Auch durch Überimpfung des Bauchhöhleninhalts auf andere Meerschweinchen wurde eine Erkrankung derselben nicht

*) Bedeutung der Abkürzungen in den Tabellen:

| | |
| --- | --- |
| 0 = keine Entwicklung, | Mbr. = Milzbrand, |
| × = spärliches Wachstum, | Stk. = Staphylococc. pyog aur., |
| ×× = mäfsig reichliches Wachstum, | Tb. = Tuberkulose, |
| ××× = sehr reichliches Wachstum, | M. = Meerschweinchen, |
| (die beigefügte Zahl bezeichnet | sct. = subkutan, |
| den Tag der Auskeimung), | ip. = intraperitoneal. |

Digitized by Google

hervorgerufen. Ich glaube, daſs derselbe durch die Giftwirkung des in das Sputum aufgenommenen Formaldehyds zu erklären ist. Es wurden bei starker Formaldehydkonzentration verhältnismäſsig groſse Sputummengen, ca. $^1/_2$ — $^3/_4$ ccm, eingespritzt, und die tödliche Dosis beträgt nach Roemer (26) für ein Meerschweinchen von 250 g bei intraperitonealer Applikation 0,005 — 0,02 Formaldehyd. Bei den anderen beiden Sputa war das Formaldehyd in Hexamethylentetramin umgesetzt worden; dabei hatten sich diese wieder verflüssigt, während das erste zähflockig und hart geblieben war.

(VIII.) 17. VII. 03. **Versuch 2.**

Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 3 $^1/_2$ Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Drei Schalen mit Flüssigkeit ca. 1—2 mm hoch. Temp. 20—24°.

| Bouillon mit Mbr.-Sporen 6 Tage alt | Bouillon mit Stk. p. aur. 4 Tage alt | Frisch. Tb.-Sputum |
|---|---|---|
| Impfung auf 3 Agar- und 3 Bouillon-Röhrchen: Spärliches Wachstum in 2 Agarröhrchen. Die übrigen sind nach 30 Tagen noch steril. | Impfung auf 3 Agar- u. 3 Bouillon-Röhrchen: Steril nach 30 Tagen. | Ausstrich auf Hesse-Agar u. Lungensaft-Glyzerin-Agar: Bleibt steril. |
| Kontrolle: Kräftiges Wachstum auf Agar und Bouillon nach 24 Stunden. | Kontrolle: Kräftig. Wachstum auf Agar u. Bouillon nach 24 Stunden | Kontrolle: Zahlreiche Kolonien auf L.-Agar. Spärliche auf Hesse-Agar. |
| | | Tierversuch: 2 M. sct.: Nach 13 Wochen = 0. |
| | | Kontrolle: 2 M. sct.: N. 12 und 13 Wochen = ××× |

In der Flüssigkeitsschicht sind durch Formaldehyddämpfe in der Konzentration der Wohnungsdesinfektion Milzbrandsporen nur teilweise vernichtet (teilweise, weil in 2 unter 6 Röhrchen ein ganz spärliches Wachstum an einem Teil der Agaroberfläche eintrat), Staphylokokken abgetötet, ebenso Tuberkelbazillen und Begleitbakterien im Sputum abgetötet.

Digitized by Google

(XIII.) 14. VIII. 03. **Versuch 3.**

Abzug. 1 cbm. 7,0 Formaldehyd. $3^1/_2$ St. mit $NH_3$-Verdampf. Temp. 21—23°.

| Wachstum nach Tagen: | Direkt auf Agar | | | | | Direkt auf Bouillon | | | | | Nach 4 Tagen in Bouillon, Abspülung in 0,75% $NH_3$ und auf frische Bouillon | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | |
|---|---|
| Frisch. Tb.-Sputum | 2 Meerschweinchen subkutan infiziert: 1. Nach 6 Wochen † (Pneumonie) = 0 Tb. 2. Nach 13 Wochen = 0. |
| Frisch. Tb.-Sputum (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 13 Wochen = ××. 2. Nach 13 Wochen ×××. |
| Tb. Sputum-Antrocknung | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 13 Wochen = 0. 2. Nach 13 Wochen = 0. |
| Tb. Sputum-Antrockn. (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 5 Wochen † = ×××. 2. Nach 13 Wochen = ×××. |

(XII.) 13. VIII. 03. **Versuch 4.**

Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 St., dann $NH_3$-Verdampf. Temp. 21—23°.

| Wachstum nach Tagen: | Direkt auf Agar | | | | | Direkt auf Bouillon | | | | | Nach 4 Tagen in Bouillon, Abspülung in 0,75% $NH_3$ (15 Min.) u. auf frische Bouillon | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | |
|---|---|
| Frisch. Tb.-Sputum | Auf 2 Meerschweinchen subkutan verimpft: 1. Nach 8 Wochen 0. 2. Nach 8 Wochen 0. |
| Frisch. Tb.-Sputum (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 8 Wochen ×××. 2. Nach 8 Wochen ×××. |
| Tb. Sputum-Antrocknung | Bei 2 Meerschweinchen subkutan eingenäht: 1. Nach 8 Wochen 0. 2. Nach 8 Wochen 0. |
| Tb. Sputum-Antrockn. (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. † nach 5 Wochen = ×××. 2. Nach 13 Wochen = ×××. |

Digitized by Google

Starke und geringe Formaldehyddosis. Milzbrandsporen höherer Resistenz (6—7 Min. Dampf) ohne Wachstum, auch nach $NH_3$-Behandlung. Abtötung der Tuberkelbazillen in trocknem sowie in feuchtem Sputum.

**Versuche 5, 6 und 7** (siehe S. 333).

Vergleichung der Resultate bei mittleren und niedrigen Formaldehydquantitäten 1. ohne jede $NH_3$-Einwirkung, 2. mit $NH_3$-Verdampfung, 3. mit $NH_3$-Verdampfung und $NH_3$-Abspülung. Nur in einem Falle Auskeimung eines Milzbrandfadens nach doppelter $NH_3$-Behandlung am 9. Tage ohne Auskeimung des Parallelobjekts in Bouillon. Sonst keine Resultatveränderungen durch $NH_3$.

Frische Tb.-Sputa abgetötet.

(Mbr.-Resistenz 6 Min. Dampf. Stk. in 6 frisch bereitet, in 5 und 7 mehrere Tage alt.)

Versuch 5 ist wichtig als einziger Fall einer Resultatveränderung durch $NH_3$ bei sonst guter Desinfektionswirkung.

**Versuch 8 und 9** (siehe S. 334 und 335).

Wiederholung der Verhältnisse von Vers. 7 aber bei niedriger Temperatur und mit anderen Objekten. Das auffallende Resultat: Anscheinend Abtötung der Milzbrandsporen und Auskeimung der Staphylokokken erklärt sich wahrscheinlich durch 1. geringe Desinfektionswirkung wegen niedriger Temperatur, 2. verhältnismäfsig hohe Resistenz der frisch bereiteten Staphylokokkenobjekte, 3. auffallend geringe Resistenz der Milzbrandsporenfäden (Abtötung in Dampf bei $^1/_2$ bis $^3/_4$ Min.). — Bemerkenswert ist die Spätauskeimung der Milzbrandfäden nach $NH_3$-Behandlung fast in allen Fällen gegenüber dem Sterilbleiben der nicht behandelten Fäden, ferner das ungleichmäfsige Verhalten der Staphylokokken auf den verschiedenen Nährböden und der Mangel einer Auskeimung derselben nach $NH_3$-Behandlung, nachdem eine solche ohne die Behandlung mit $NH_3$ auftrat.

(Fortsetzung des Textes auf S. 337.)

Digitized by Google

**Versuch 5, 6 und 7.**

(III.) 27. VI. 03. **5.** Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 7 Stunden. Temp. 20°.

| Wachstum nach Tagen; | Ohne jede $NH_3$-Einwirkung | | | | | | | | | | Nach $NH_3$-Verdampfung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | Agar | | | | | Bouillon | | | | | und 15 Min. Abspülung in 1% $NH_3$ Agar | | | | | Bouillon | | | | |
| | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. sp. S. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××₀ | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stk. Papier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(IV.) 3. VII. 03. **6.** Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 7 Stunden. Temp. 20°.

| Wachstum nach Tagen; | Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Bouillon 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Bouillon 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Abspülung Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Bouillon 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mbr. sp. S. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stk. Papier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Frisch Tb. sput. (Kontrolle) Intraperitoneal auf ein Meerschweinchen: nach 13 Wochen: 0.
Ip. auf ein Meerschweinchen = † nach 24 Stunden Peritonitis. Sct. a. 1 M.: nach 9 Wochen: = ×××.

(V.) 10. VII. 03. **7.** Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 Stunden. Temp. 20—22°.

| Wachstum nach Tagen; | Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Bouillon 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Bouillon 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Abspülung Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Bouillon 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mbr. sp. S. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stk. Seid. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tb. Sput. XI. frisch (Kontrolle) Intraperitoneal auf zwei Meerschweinchen: 1. nach 13 Wochen = 0, 2. nach 13 Wochen = 0.
Intraperitoneal auf zwei Meerschweinchen: 1. † acut Peritonitis, 2. nach 4 Wochen = ×××, 3. subkutan: nach 12 Wochen ×××.

Digitized by Google

(XIV.) 17. X. 03. **Versuch 8.**

Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10°.

I = offene Schale, II = halbgeschlossene Schale.

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 4 Tagen in Bouillon in 0,75% Ammoniak 15 Min. (Agar) | | | | | Abspülung während 24 Stunden | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | | | | | | | | | | |
| Wachstum n. Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. sp. Seid. Fäden I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | × (29) |
| Mbr. sp. Seid. Fäden II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | ××× (16) | — | — | 0 | × (12) | ××× |
| do. (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | |
| Stk. pap. I | 0 | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Stk. pap. II | 0 | × | ××× | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| do. (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Tb. Sput. Antrocknung | I | Sct auf 1 M.: nach 7 Wochen = 0 |
| | | » » 1 » » 7 » = 0 |
| | II | » » 1 » » 7 » = 0 |
| | | » » 1 » » 7 » = 0 |
| do. (Kontrolle) | | Sct. a. 1 M.: nach 7 Wochen = ××× |
| Tb. Sput. frisch | | Sct. auf 1 M.; nach 7 Wochen = 0 |
| | | » » 1 » » 7 » = 0 |
| do. (Kontrolle) | | Sct. auf 1 M.: nach 6 Wochen = ××× |

(XV.) 20. X. 03. **Versuch 9.**

Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 Stunden mit $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10°.

Schale I = offen, Schale II = halbverdeckt.

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 2 Tagen in Bouillon Abspülung in $^3/_4$% $NH_3$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | während $^1/_4$ Stunde dann auf Agar | | | | | 24 Stunden dann auf Agar | | | | |
| Wachstum n. Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. Seid. Fäden Schale I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ×× (13) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (16) |
| Mbr. Seid. Fäden Schale II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ×× (20) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (16) |
| Mbr. S. F. (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Stk. papier I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. papier II | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| b. Sput trocknung I | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 7 Wochen 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. Sput trocknung II | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 7 Wochen ×× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Digitized by Google

(XVII.) 5. XI. 03. **Versuch 10.**

Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 4 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 12,5°.

I. Schale offen, II. Schale mit Filtrierpapier bedeckt.

| | Direkt auf Agar | | | | Direkt auf Bouillon | | | | Abspülung in ca. 0,75 % $NH_3$ ¼ Stunde dann Agar | | | | Abspülung in ca. 0,75 % $NH_3$ 24 Stunden dann Agar | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | |
| Mbr.-Seidenfäden I. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 × | am 32. Tag. |
| Mbr.-Seidenfäden II. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× | am 21. Tag. |
| Mbr.-S.-F. (Kontrolle) . . . . | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Stk.-Papier I. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Stk.-Papier II. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Stk.-Papier (Kontrolle) . . | × | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

| | |
|---|---|
| Tb.-Sput.-Antrocknung XII, I. Schale | Auf 1 Meerschwein subkutan: Nach 5 Wochen 0. |
| Tb.-Sput.-Antrocknung XII, II. Schale | Desgl. » » » 0. |
| Tb.-Sput. XII. Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf 3 Meerschweinchen: 1. Nach 8 Wochen ×××. 2. Nach 8 Wochen ×××. 3. Nach 7½ Wochen ×××. |
| Andere Tb.-Sput.-Antrocknung XIII, I. Schale | Auf 1 Meerschwein subkutan: Nach 5 Wochen 0. |
| Andere Tb.-Sput.-Antrocknung XIII, II. Schale | Desgl. » » » ». |
| Tb.-Sput. XIII. Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 7 Wochen ×××. 2. † nach 4 Wochen = ××. |

Digitized by Google

Die Spätauskeimungen des Milzbrands zeigten sich übrigens in keiner Weise abgeschwächt, sondern waren auffallend virulent und wuchsen sehr kräftig.

Ein gleichmäfsiger Unterschied in der Wirkung einer kürzer oder länger einwirkenden $NH_3$-Behandlung zeigte sich nicht.

**Versuch 10** (siehe S. 336).

Derselbe Versuch mit stärkerer Formaldehyddosis und kürzerer Dauer, mit Milzbrandobjekten der gewöhnlichen Resistenz (5 Min. Dampf) und hochresistenten noch frischbereiteten Staphylokokken.

Die Staphylokokken werden jetzt abgetötet, bei Milzbrand stellt sich nach langdauernder $NH_3$-Spülung wieder sehr späte Auskeimung ein.

Die tuberkulösen Sputa erweisen sich trocken und feucht hier wie bei den letzten beiden sonst verhältnismäfsig ungünstigen Versuchen in allen Fällen als abgetötet.

## II. Versuche im Zimmer.

### a) Bei Sommertemperatur.

Die Formaldehyderzeugung geschah durch den Breslauer Apparat, genau nach den Vorschriften von Flügge.

Die Objekte wurden in Schalen frei in verschiedenen Höhen, in einer halb aufgezogenen etwa 40 cm tiefen Schublade, sowie bei Versuch 13 und 14 unter einem dick zusammengelegten Arbeitsrock am Boden, in Fliefspapierumhüllung frei und in den Taschen eines mitten im Zimmer hängenden Leinwandrocks untergebracht.

Nach Versuch 11 und 12 erwies sich nachträglich das verwendete Formalin als nicht vollwertig, da es nur 35% Formaldehyd enthielt. Es waren deshalb bei diesen Versuchen nur 2,1 anstatt 2,5 Formaldehyd pro cbm verdampft worden. Bei den späteren Versuchen wurde der Fehler durch andere Berechnung der Apparatfüllung ausgeglichen. Als Objekte wurden ziemlich resistente Milzbrandsporen (6 Min. Dampf) und frisch bereitete Staphylokokken-Antrocknungen verwendet.



Digitized by Google

(I.) 13. VI. 03. **Versuch 11.**

Zimmer. 72 cbm. (2,5) ca. 2,1 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. Ohne $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20°.

| | | | Direkt auf Agar | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wachstum nach Tagen: | | 1 | 2 | 4 | 6 | 9 | 12 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | Schale I. | Wand, 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » II. | $2^1/_4$ m hoch . . | 0 | 0 | 0 | 0 | × | ××× |
| | » III. | Tisch . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | × | ××× |
| | » IV. | Boden . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× |
| | » V. | Schublade vorn . | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | » VI. | Schublade hinten | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | » VII. | frei, 2 m hoch . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| Staph. p. aur.-Papier | Schale I. | Wand, 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » II. | $2^1/_4$ m hoch . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » III. | Tisch . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » IV. | Boden . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » V. | Schublade vorn . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VI. | Schublade hinten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VII. | frei, 2 m hoch . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papier (Kontrolle) . | | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |

**Versuch 12** (siehe S. 339).

Bei diesen schwachen Konzentrationen war die Wirkung auf Milzbrandsporen eine ungenügende. Bemerkenswert ist auch in Versuch 11 — ohne $NH_3$-Einwirkung — eine verhältnismäfsig späte Auskeimung vom neunten Tage an. Staphylokokken sind in beiden Versuchen abgetötet. Ein Einflufs der $NH_3$-Behandlung ist in 12 nicht bemerkbar.

**Versuch 13** (siehe S. 340).

Bei der höheren Konzentration von 2,5 pro cbm beschränkte sich die Auskeimung der Milzbrandsporen auf geschützter untergebrachter Objekte (Schublade und unter dem zusammengelegten Rock). In der Rocktasche kommt dagegen schon Abtötung zustande. Staphylokokken und Sputumantrocknungen werden überall desinfiziert. Die $NH_3$-Behandlung bedingt keine Änderung der Resultate.

Digitized by Google

(II.) 16. VI. 03. **Versuch 12.**

Zimmer. 72 cbm. (2,5) ca. 2,1 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20°.

| | | Direkt auf | | | | | | | | Abspülung in 0,75% $NH_3$-Lösung während 15 Minuten, dann auf | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | Bouillon | | | | Agar | | | | Bouillon | | | |
| Wachstum nach Tagen: | | 1 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Mbr.-Sporen-seidenfäden | Schale II 2 1/4 m hoch | 0 | 0 | 0 | ×× | — | — | — | — | 0 | 0 | ×× | ××× | — | — | — | — |
| | Schale IV auf Boden | 0 | 0 | ×× | ××× | — | — | — | — | 0 | 0 | ×× | ××× | — | — | — | — |
| | Schale V Schublade vorn | 0 | 0 | × | ××× | — | — | — | — | 0 | 0 | ××× | ××× | — | — | — | — |
| | Schale VI Schublade hinten | 0 | × | ××× | ××× | — | — | — | — | 0 | × | ××× | ××× | — | — | — | — |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Staph. p. aur.-Papier | Schale II 2 1/4 m hoch | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schale IV auf Boden | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schale V Schublade vorn | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schale VI Schublade hinten | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk.-Papier (Kontrolle) . . . | | — | — | — | — | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — |

(VII.) 17. VII. 03.

**Versuch 13.**

Zimmer. 72 cbm. 2,5 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20—22°.

| | | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach Abspülen in 0,75% $NH_3$ (15 Min.) auf Agar | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | | Bouillon | | | | | | | | | |
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden | I. 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. In Tischhöhe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Unter ein. zusammgelegt. Rock | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | IV. In Schublade hinten | 0 | × | ×× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | × | ××× | ××× | ××× |
| | V. In Fliefspapier frei hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII In Fliefspapier am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sp.-S.-F. (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — |
| Staphyl. p. aur.-Seidenfäden | I. 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Tischhöhe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Unter zusammengelegtem Rock | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. In Schublade hinten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. In Fliefspapier frei hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII. In Fliefspapier am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph.-S.-Fäden (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — |

| | | |
|---|---|---|
| Tb.-Sput.-Antrockn. an Glas | II. In Tischhöhe | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 12 Wochen 0 |
| | IV. In Schublade hinten | desgl. « 13 » 0 |
| | V. In Fliefspapier in Rocktasche | desgl. » 13 » 0 |
| | VI. In Fliefspapier am Boden | desgl. » 13 » 0 |
| Tb. Sput. Antrocknung an Glas | | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 11 Wochen ××× |

(IX.) 18. VII. 03. **Versuch 14.**

Zimmer. 72 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20°.

| | | Direkt auf | | | | | | | | Abspülung in 0,75% $NH_3$ 15 Minuten lang und Einlegung auf Agar | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | Bouillon | | | | | | | |
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 |
| Mbr.-Sporen-seiden-fäden | Schale II frei auf Tisch . . . . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » III unter zusammengelegtem Rock . | 0 | ×× | ××× | ××× | × | ×× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | » IV hinten in offener Schublade . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Objekt VI in Fliefspapier in einer Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VII in Fliefspapier am Boden . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden (Kontrolle) . . . . . . . . . | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — |
| Staph. p. aur.-Papiere u.-Seiden-fäden | Schale II frei auf Tisch . . . . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » III unter zusammengelegtem Rock . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » IV hinten in offener Schublade . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Objekt VI in Fliefspapier in einer Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VII in Fliefspapier am Boden . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papiere . . . . . . . . . . . . . . | | ×× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — |
| Tb.-Sput.-Antrockn. an Glas | Schale II frei auf Tisch . . . . . . . . . | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 13 Wochen 0. | | | | | | | | | | | |
| | Objekt VI in Fliefspapier in einer Rocktasche | Desgl. » 13 » 0. | | | | | | | | | | | |
| | » VII in Fliefspapier am Boden . . . | Desgl. » 13 » 0. | | | | | | | | | | | |
| Tb.-Sput.-Antrocknung auf Glas . . . . . . . . . . | | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 11 Wochen ×××. | | | | | | | | | | | |

Digitized by Google

**Versuch 14** (siehe S. 341).

Bei der stärkeren Formaldehydmenge der Flüggeschen Vorschrift und Verdoppelung der hierfür vorgeschriebenen Zeit ist vollständige Abtötung eingetreten bis auf die Milzbrandsporen unter dem dick zusammengelegten Rock, zu deren Abtötung schon eine bedeutende Tiefenwirkung gehören würde, die der Formaldehyd bekanntlich nicht besitzt. Immerhin sind Staphylokokken auch an diesem Platz abgetötet, sowie Milzbrand, Staphylokokken und Sputumantrocknung in der Tasche des allerdings nur dünnen Arbeitsrocks.

Eine Änderung der Resultate wurde durch die $NH_3$-Behandlung auch hier nicht erreicht.

Der Gesamteindruck dieser Versuche bei Sommertemperatur war ein sehr günstiger. Eine Durchnässung der Gegenstände fand so gut wie gar nicht statt. Der recht intensive Formaldehydgeruch wurde durch die Ammoniakverdampfung sehr gut gebunden. Nach guter Durchlüftung des mit dickem Nebel gefüllten Zimmers war er bald verschwunden, so dafs das Zimmer wieder hätte benutzt werden können.

b) Bei Wintertemperatur.

In den nachfolgenden drei Versuchen, welche eine Wiederholung der soeben geschilderten, aber bei der Temperatur der Wintermonate darstellten, wurde wiederum die Breslauer Methode genau nach ihren Tabellen angewandt. Bei Versuch 18 wählte ich dagegen, wie schon oben erwähnt, zur Erzeugung gröfserer Formaldehydmengen den »kombinierten Äskulap« von Schering. Auch die Objekte wurden in ähnlicher Weise aufgestellt, wie es bei den obigen Versuchen angegeben wurde. Bei 16, 17 und 18 kam noch eine Schale mit Testobjekten unter der Platte eines gröfseren Tisches zur Aufstellung, in 16 wurde ferner zur Prüfung der Tiefenwirkung eine Schale auf dem Tisch mit einer 1 cm dicken Schicht roher Watte überdeckt, sowie neben dem leinenen Arbeitsrock noch ein gewöhnliches Herrenjakett zur Unterbringung von in Fliefspapier eingeschlagenen Objekten in seiner Tasche aufgehängt.

Digitized by Google

Die Anordnung der Sputumobjekte soll bei den einzelnen Versuchen erwähnt werden.

Das ganze Bild des Desinfektionsvorgangs war infolge der niedrigeren Temperatur ein durchaus anderes als im Sommer. In erster Linie trat bei Verwendung derselben Wassermengen zur Verdampfung eine ganz bedeutende Durchnässung der Wände und des Fufsbodens, aber auch aller sonstiger Oberflächen in Erscheinung. Man hatte unmittelbar den Eindruck, als ob infolge dieser überall vorhandenen flüssigen Wassermengen, deren Absorptionskraft für den Formaldehyd ja feststeht, eine gleichmäfsige Verteilung des Gases im Raume, vor allem aber durch die auf jeder Oberfläche vorhandenen Schicht feinster Tröpfchen eine Tiefenwirkung wesentlich erschwert bzw. verhindert sei.

Eine bei Versuch 16—18 versuchte Vorwärmung durch den im Zimmer vorhandenen Gasofen, der aber während des Versuchs wegen Abdichtung des Abzugsrohrs aufser Betrieb gesetzt werden mufste, sowie die während des Versuchs in Gang bleibende Einwirkung eines kleinen Petroleumofens vermochten nicht, eine grofse Änderung der Temperaturverhältnisse, vor allem keine genügende Erwärmung der Wände bei niedriger Aufsentemperatur hervorzurufen.

Bezüglich der Prüfungsmethoden ist noch zu erwähnen, dafs in Versuch 15 (wie bei 8, 9 und 10) zur Vergleichung eine Ammoniakbehandlung kürzerer Dauer (15 Minuten) neben einer solchen von 24 Stunden vorgenommen wurde, dafs dagegen in 16, 17 und 18 nur eine 24stündige aber bei Brüttemperatur in Anwendung kam. Aufserdem wurden bei 17 und 18 neben den Antrocknungen an Seidenfäden und Papier solche an böhmischen Granaten ausgesetzt und ohne und mit Ammoniakbehandlung auf Bouillonagarröhrchen (s. o.) übertragen.

In den Testobjekten waren bei Versuch 16, 17 und 18 die Milzbrandsporen hochresistent (7 Minuten Dampf), die Staphylokokken wenige Tage alt. In Versuch 15 dagegen lagen die Verhältnisse wie bei 8 und 9, indem ganz frische Staphylokokkenobjekte mit Milzbrandsporen sehr geringer Resistenz ($^1/_2$ bis $^3/_4$ Minuten Dampf) in Anwendung kamen.

Digitized by Google

(XVI. 20. X. 03. **Versuch 15.**

**Zimmer. 72 cbm. 2,5 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10°.**

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 2–3 Tagen in Bouillon Abspülung in 0·75% $NH_3$ während | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | ¼ Stunde | | | | | 24 Stunden | | | | |
| | | | | | | | | | | | dann auf Agar | | | | | | | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seid.-Fäd. I. 2,25 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | ×× (18) | — | — | 0 | 0 | ×× (14) |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| III. Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | ×× (23) | — | — | 0 | 0 | ×× (21) |
| IV. Schublade hint. | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Mbr.-Sp.-S.-F. (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Staph.p.a. Papier I. 2,25 m frei | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III. Boden | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| IV. Schublade hint. | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| Staph.-Papier (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Tb. Sput. Antr.a.Gl. I. 2,25 m hoch | Subkutan auf ein Meerschwein: nach 7 Wochen 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II. Tisch | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III. Boden | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IV. Schublade hint. | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrockn. (Kontr.) | Subkutan auf drei Meerschweinchen: 1. nach 7 Wochen ××, 2. nach 3 Tagen † an Phlegmone, 3. nach 5 Wochen † = ×× Tb. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Digitized by Google

Das Resultat dieses Versuchs mit geringerer Formaldehydmenge und niedriger Temperatur zeigt genau dieselbe, im Vergleich mit allen übrigen Versuchen auffallende Erscheinung, wie bei Versuch 8 und 9: anscheinende Abtötung der Milzbrandsporen mit Ausnahme des am geschütztesten aufgestellten, aber Spätauskeimung der meisten nach Ammoniakbehandlung, sowie ausbleibende Abtötung der Staphylokokken der geschützteren Aufstellungen. Die Erklärung ist genau dieselbe wie bei 8 und 9, da dieselben Testobjekte benutzt wurden.

Auffallend ist auch hier das ungleichmäfsige Verhalten der Staphylokokken auf den verschiedenen Nährböden sowie das Fehlen ihrer Auskeimung nach $NH_3$-Behandlung.

Die Abtötung der Sputumantrocknungen erfolgte auch hier, selbst in der Schublade, glatt.

**Versuch 16** (siehe S. 346).

Bei diesem Versuch wurden neben den in gewohnter Weise verteilten Testobjekten Sputumobjekte von besonderer Beschaffenheit verwendet. Das Sputum war in einem Teile derselben — in früher schon geschilderter Weise — durch Zumischung einer Tuberkelbazillenreinkultur in hohem Grade mit sehr infektiösen Tuberkelbazillen angefüllt und kam aufserdem in besonders dicken Antrocknungen zur Verwendung. In den Falten eines aufgehängten Arbeitsrocks waren Leinwandstückchen mit Stecknadeln befestigt, auf welchen in feuchtem sowie im angetrockneten Zustande Sputummengen in der Gröfse eines Auswurfsballens angebracht waren. Aufserdem waren einem in der Tasche steckenden Taschentuch ähnliche Mengen angetrocknet.

Die grofse Formaldehydmenge nach Flügge erzielte bei doppelter Versuchsdauer in keinem Fall eine Abtötung der — wie gesagt sehr resistenten — Milzbrandsporen. Dieselben zeigten bei den geschützteren Objekten schon von den ersten Tagen, bei den weniger gedeckten (V und VI) vom 10. Tage an, in allen übrigen Fällen aber in der 4. und 5. Woche Auskeimung und zwar in gleicher Weise ohne oder mit Ammoniakbehandlung. Die Staphylokokken zeigten sich an allen Aufstellungsorten und nach den beiden Prüfungsmethoden abgetötet.

Digitized by Google

XVIII.) 20. XI. 03. **Versuch 16.**

Zimmer. 72 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10—8°.

| | Wachstum nach Tagen: | Direkt auf Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Auswaschung in 0,6% Ammoniaklösung. 24 Stunden. 35°, dann Agar. 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mbr.-Sporen-Seiden-Fäden | I. Am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× (26) | — | 0 | 0 | 0 | × (30) |
| | II. Frei auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | × (30) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (27) |
| | III. Frei $2^1/_2$ m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | × (30) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (24) |
| | IV. 15 cm unter Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | × (30) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (23) |
| | V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | 0 | × | ××× |
| | VI. Unter Watteschicht | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | — | 0 | 0 | × | ××× |
| | VII. In Rocktasche | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | ×× | ××× | ××× | ××× |
| | VIII. Arbeits-Rocktasche | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | ×× | ××× | ××× | ××× |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur.-Papier | I. Am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Frei auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Frei $2^1/_2$ m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. 15 cm unter Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. Unter Watteschicht | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII. In Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VIII. Arbeits-Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. p. aur.-Papier (Kontrolle) | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Tb.-Sput.-Antrocknung I | I. Am Boden | Sct. | a. 1 Meerschw. | Nach 8 Wochen = 0. | | | | | | | |
| | II. Frei auf Tisch | » | » 1 » | Nach 4 Tagen † an Kokkeninfektion. | | | | | | | |
| | III. Frei $2^1/_2$ m hoch | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. | | | | | | | |
| | IV. 15 cm unter Tischplatte | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. | | | | | | | |
| Tb.-Sput.-Antrocknung I (Kontrolle) | | Sct. | a. 1 Meerschw.: | Beide nach 4 und 7 Wochen = ×××. | | | | | | | |
| Tb.-Sput.-Antrocknung II (mit Tb.-Reinkult.) | II. Frei auf Tisch | Sct. | a. 1 Meerschw.: | † nach $4^1/_2$ Wochen an Pneumonie = 0 Tb. | | | | | | | |
| | III. Frei $2^1/_2$ m hoch | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. | | | | | | | |
| | IV. 15 cm unt. Tischplatte, sehr dick | Jp. | » 1 » | Nach 8 Wochen = ××× (Holz). | | | | | | | |
| | VII. In Rocktasche und auf Leinen | Sct. | » 1 » | Nach 8 Wochen = ×××. | | | | | | | |
| | VIII. Arbeitsrock auf Leinen aufsen | » | » 1 » | Nach 6 Wochen † an Pneumonie = 0 Tb. | | | | | | | |
| Tb.-Sput.-Antrockn. II mit Tb.-Reinkultur (Kontrolle) | | Sct. | a. 2 Meerschw.: | Beide nach 7 und 8 Wochen = ×××. | | | | | | | |
| Tb.-Sput. fcht. (mit Tb.-R.-K.) | In Schale auf Tisch | Sct. | a. 1 Meerschw.: | Nach 2 Wochen † an Phlegmone = 0 Tb. (?). | | | | | | | |
| | **Am Arbeitsrock aufsen** | » | » 1 » | **Nach 8 Wochen = 0.** | | | | | | | |
| Tb.-Sput. feucht mit Tb.-Reinkultur (Kontrolle) | | Sct. | a. 1 Meerschw.: | Nach 6 Wochen = | | | | | | | |

Digitized by Google

Von den Sputumobjekten waren zwei infektionsfähig geblieben. Erstens ein unter der Tischplatte aufgestelltes Holzbrettchen, welchem in mehreren Schichten gröfsere Mengen von Sputum angetrocknet worden waren. Das Brettchen aus Tannenholz ohne Lacküberzug hatte von dem dünnflüssigen, aber sehr bazillenreichen Sputum verhältnismäfsig grofse Mengen aufgesaugt, so dafs dieselben nicht nur an der Oberfläche angetrocknet waren. Bei der Verimpfung aber waren die oberen Holzschichten durch scharfes Abschaben nach Aufweichung zum Teil mitgenommen, zum Teil stark ausgedrückt worden, so dafs dabei sicher aus der Tiefe noch nicht abgetötetes Material zur Verwendung kam. — Das zweite nicht abgetötete Objekt entstammte dem in der Tasche des Rocks untergebrachten Taschentuch.

Demgegenüber waren verschiedene recht dicke Antrocknungen, auch die in den Falten des Rocks angebrachten abgetötet. Bei dem analogen Versuch im Sommer (14) war dagegen auch die in der Rocktasche ausgesetzte Sputumantrocknung desinfiziert worden.

**Versuch 17** (siehe S. 349).

Derselbe bildet eine Wiederholung des vorigen bei noch etwas niedrigerer Temperatur. Es kamen neben den seither benutzten auch Antrocknungen an Granaten zur Untersuchung, um den Einflufs der Unterlage auf die Desinfektionswirkung sowohl als auf eine etwaige Behinderung der Auskeimung zu prüfen.

Aufserdem wurden Sputummengen in der Quantität dicker Auswurfsballen bei Lufttemperatur direkt an die Zimmerwand etwa in Tischhöhe, sowie auf den Fufsboden einer Zimmerecke angetrocknet. Die krustigen Schmutzflecken wurden in der Mitte halbiert, sodann die eine Hälfte direkt vor dem Versuch, die andere nach demselben abgeschabt, mit Bouillon verrieben und je zwei Meerschweinchen subkutan und intraperitoneal eingespritzt.

Die Abtötung der Milzbrandsporen wurde auch dieses Mal in keinem Falle erreicht. Das Verhalten der Seidenfäden und der Granaten zeigte keine deutlichen Unterschiede, auch die Ammoniakbehandlung veränderte die Resultate nicht, allenfalls läfst

Digitized by Google

sich bei ihrer Einwirkung auf die Granaten eine Verzögerung bzw. Verhinderung des Auskeimens konstatieren.

Die Staphylokokken sind sämtlich abgetötet. Auch die Sputumantrocknungen erwiesen sich in durchaus einheitlicher Weise im eklatanten Gegensatz zu den vorher entnommenen Mengen, nach dem Versuch als infektionsunfähig. Die Kontraste zwischen den gleichzeitig sezierten vollständig gesunden Versuchstieren und den schwer tuberkulösen Kontrolltieren waren ganz auffallend.

**Versuch 18** (siehe S. 350).

Zur Untersuchung der Frage, ob und inwieweit die in den vorigen Versuchen zutage getretene ungenügende Wirkung auf Milzbrandsporen bei niedriger Temperatur durch Erhöhung der Formaldehydmenge verbessert werden könne, wurde bei folgendem Versuch die doppelte Quantität der gröfseren Flüggeschen Menge angewandt. Da der Breslauer Apparat sich hierzu als ungeeignet erwies, benutzte ich für dieses Mal den »kombinierten Äskulap«, welcher die zur Sättigung des Raums notwendige Wassermenge aufnahm, in Verbindung mit noch zwei einfachen Äskulapapparaten zur Unterbringung der genügenden Mengen Scheringscher Pastillen. Trotz Verwendung der vorgeschriebenen Spiritusmengen blieb in denselben aber ein kleiner Teil der Pastillen unvergast zurück, so dafs nur eine Konzentration von 9,5 Formaldehyd pro cbm erreicht wurde.

Die Desinfektionswirkung zeigte sich auch entschieden gröfser als bei den vorigen Versuchen, allein ein Ausbleiben der Auskeimung kam bei den Milzbrandobjekten nur in einem Fall zur Beobachtung, nicht einmal an einem besonders günstigen Aufstellungsort. — Besondere Beachtung verdient bei diesem Versuch, dafs hier die einfache Seidenfädenmethode sich als die ungenaueste Prüfungsart erwies, indem sie selbst bei einer Beobachtungsdauer von 30 Tagen keine einzige Auskeimung zeigte. während nach $NH_3$-Behandlung der Seidenfäden sowohl, als bei den Granaten sich solche einstellten. In diesem Versuch ist, auch bei den Granaten, eine deutliche Verschärfung der Prüfungsmethode durch die $NH_3$-Behandlung zu konstatieren.

Digitized by Google

(XX.) 2. I. 04. **Versuch 17.**

**Zimmer. 72 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. Ammoniakverdampfung. Temp. 5°.**

| | Seidenfäden bzw. Papier | | | | | | | | | | Granaten | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. sp. Antrocknung: I. Boden | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | — | 0 | 0 | ××× | ××× |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | ××× | ××× | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | ××× | ××× | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III. $2^1/_2$ m hoch | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× (16) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (16) |
| IV. 15 cm unter der Tischplatte | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× |
| V. In Schublade | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ×× | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ×× | ××× | ××× |
| VI. In Fliefspapier in Rocktasche | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — |
| do. (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur. Antrocknung: I. s. oben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IV. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VI. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| do. (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |

| | |
|---|---|
| Tb. Sputum. Dicke Antrocknung an der Wand | Ip. 1 Meerschweinchen = nach 6 Wochen = 0<br>Sct. do. = » 6 » = 0 |
| do. (Kontrolle) | Ip. 1 Meerschweinchen = nach 6 Wochen = ×××<br>Sct. do. = » 6 » = × |
| Tb. Sputum. Dicke Antrocknung am Fufsboden | Ip. 1 Meerschweinchen = » 6 » = 0<br>Sct. do. = » 6 » = 0 |
| do. (Kontrolle) | Ip. 1 Meerschweinchen = » 6 » = ×××<br>Sct. do. = » 6 » = ××× |

Digitized by Google

(XXI.) 15. I. 04. **Versuch 18.**

Zimmer. 72 cbm. 9,5 Formaldehyd pro cbm (Äskulap). 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 8—6°.

| | Seidenfäden bzw. Papier | | | | | | | | | | Granaten | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sporen-Antrocknung: I. Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ××× (14) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ×× | ××× |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ××× (14) |
| III. 2 1/2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ×× (25) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IV. 15 cm unter der Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | 0 | 0 | ××× (14) |
| VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× (18) | — | 0 | 0 | 0 | ××× (16) |
| Mbr.-Sporen-Antrocknung (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur.-Antrocknung: I. Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III. 2 1/2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IV. 15 cm unter der Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. p. aur.-Antrocknung (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | |

Digitized by Google

### III. Versuche im Tierstall.

Da die oben geschilderten Verhältnisse dieses Raums einen relativ grofsen Bedarf an Formaldehyd annehmen liefsen, so wurden die Abmessungen der Desinfizientien von vornherein bedeutend gröfser gewählt als gewöhnlich. Aus diesem Grund mufste ich wiederum bei Versuch 20 und 21 von dem Breslauer Apparat abgehen und wählte bei ersterem Versuch den »kombinierten Äskulap« mit Pastillenvergasung, bei letzterem den Autoklaven von Trillat, welcher mit Formalin unter Zusatz von Chlorkalcium gefüllt wurde und die Dämpfe von aufsen mit einem Druck von etwa 3 Atmosphären in den Raum hinein warf.

Die bei sämtlichen Versuchen verwendeten Milzbrandsporen waren von bedeutender Resistenz (6—7 Minuten Dampf), die Staphylokokkenobjekte vor etwa 1 Woche frisch bereitet. Aufserdem wurden in Versuch 20 neben Sputumantrocknungen auch solche von Tuberkelbazillen-Reinkultur in Bouillonverreibung auf Glasstäbchen der Desinfektion ausgesetzt.

Auffallend war bei allen Versuchen die durch das Fenster vom Nebenraum leicht zu beobachtende Tatsache, dafs bei der Einleitung der Ammoniakdämpfe nach Abschlufs des Versuchs, selbst bei der Verwendung der grofsen Formaldehydmengen, nur eine ganz unbedeutende Nebelbildung eintrat, wie sie durch einfachen Wasserdampf hätte erzeugt werden können, auch zeigte sich bei einem kurzen Betreten des Raums nach Versuch 20 vor Einleitung des $NH_3$ der Formaldehydgeruch auffallend gering. Mehrere in dem Raum belassene Meerschweinchen und weifse Mäuse wurden ebenso wie kleine Insekten, Fliegen, Spinnen von dem Formaldehyd n i c h t beeinträchtigt.

**Versuch 19** (siehe S. 352).

Bei diesem Versuche zeigte sich trotz Sommertemperatur die höhere F l ü g g e sche Formaldehydmenge als für solche Verhältnisse durchaus ungenügend, da $^6/_7$ der Milzbrandobjekte und $^5/_7$ der Staphylokokken schon in den ersten Tagen, je nach der Aufstellung der Objekte etwas früher oder später auf Agar wie in Bouillon in gleicher Weise, auch ohne $NH_3$-Behandlung zur Auskeimung kamen.

Digitized by Google

(X.) 20. VII. 03. **Versuch 19.**

Tierstall. 30 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 3 ½ Stunden mit $NH_3$-Verdampfung. Temp. 22°.

| | | Direkt übertragen auf | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | | Bouillon | | | | |
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Milzbrand-sporen Seidenfäden | I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× |
| | II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Am Boden unter Heu | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | VI. In offenem Tierkäfig | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× |
| | V. Am Boden einer Tierkiste | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× |
| | VI. Frei auf Tisch am Fenster | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | 0 | 0 | × | ××× | ××× |
| | VII. Zwischen zwei Tierkäfigen | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| Milzbrandsporen-Seidenfäden (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| Staphylo-kokken fliefspapier | I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | × | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× |
| | II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Am Boden unter Heu | × | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | IV. In offenem Tierkäfig | 0 | 0 | × | ×× | ××× | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | V. Am Boden einer Tierkiste | 0 | 0 | × | ××× | ××× | 0 | × | ×× | ××× | ××× |
| | VI. Frei auf Tisch am Fenster | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× |
| | VII. Zwischen zwei Tierkäfigen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staphylokokken-Fliefspapier (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | [illegible] | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |

Der Versuch wurde deshalb mit der doppelten Formaldehydmenge und doppelten Einwirkungsdauer wiederholt.

**Versuch 20** (siehe S. 354).

Das Resultat ist ein entschieden günstigeres, da alle einigermafsen frei aufgestellten Milzbrandobjekte sowie sämtliche Staphylokokken bis auf das am ungünstigsten unter einem Haufen Heu untergebrachte auch nach $NH_3$-Behandlung ohne Auskeimung blieben. Aufserdem wurden sämtliche Antrocknungen von Tuberkelbazillenreinkultur sowie die Sputumobjekte bis auf dasjenige, welches an derselben Stelle wie die erwähnten zur Auskeimung kommenden Staphylokokken untergebracht war, infektionsunfähig.

Bemerkenswert ist, dafs von den zusammen unter einem kleinen Haufen Heu — wo auch schon in Versuch 19 die geringste Desinfektionswirkung zu konstatieren war — untergebrachten Objekten Milzbrandsporen, Staphylokokken und Sputumantrocknung lebensfähig blieben, die Tuberkelbazillenreinkultur aber abgetötet wurde.

**Versuch 21** (siehe S. 355).

Bei dieser unter etwas niedrigerer Temperatur mittels des Trillatschen Autoklaven vorgenommenen Wiederholung des Versuchs 20 blieben sämtliche Staphylokokkenobjekte auch nach $NH_3$-Behandlung ohne Wachstum. Bei Milzbrand zeigte sich solches in etwa der Hälfte der Objekte, soweit dieselben an entfernt gelegenen oder gedeckteren Stellen ausgesetzt waren, und zwar nach der Ammoniakbehandlung früher und häufiger als ohne dieselben.

Auffallend ist, dafs bei diesem Versuch an dem Platze, welcher bei den beiden vorigen Versuchen als der gegen den Formaldehyd geschützteste erschien, selbst die Milzbrandsporen abgetötet wurden. Der einzige auffindbare Unterschied bestand darin, dafs bei Versuch 19 und 20, welche im Juli stattfanden, die schützende Decke mehr aus grünem Futter bestand, während es sich bei Versuch 21 im Dezember um ausgetrocknetes Heu handelte.



Digitized by Google

(XI.) 22. VII. 03. **Versuch 20.**

Tierstall. 30 cbm. 10,0 Formalin pro cbm (komb. Äskulap-Schering). 7 Stunden mit $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20—22°.

| | Direkt auf Agar | | | | | Direkt auf Bouillon | | | | | Nach 4 tägigem Aufenthalt in Bouillon mit ³/₄% $NH_3$ gewaschen (15 Min.) und übertragen auf Agar | | | | | Bouillon | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wachstum in Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sporen-Seidenfaden I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | → | | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | → | | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| III. Am Boden unter Heu | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| IV. In geöffnetem Tierkäfig | × | ××× | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| V. Boden einer offenen Tierkiste | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| VI. Auf Tisch frei am Fenster | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | → | | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| VII. Zwischen Tierkäfigen | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Staphylokokken-Fließpapier I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| III. Am Boden unter Heu | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| IV. In geöffnetem Tierkäfig | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| V. Boden einer offenen Tierkiste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| VI. Auf Tisch frei am Fenster | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| VII. Zwischen Tierkäfigen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| Staphylokokkenpapier (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | | |
|---|---|---|
| Tb.-Sput.-Antrockn. an Glas I. Vorn auf Tisch | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 11 Wochen | 0. |
| II. 2 m hoch auf Regal | Desgl. » 11 » | 0. |
| III. Am Boden unter Heu | Desgl. » 11 » | ××. |
| IV. In geöffnetem Käfig | Desgl. » 11 » | 0. |
| Tb.-Sputum Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 10 Wochen | ×××. |
| Tb.-Reinkultur Antrockn. an Glas I. Vorn auf Tisch | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 11 Wochen | 0. |
| II. 2 m hoch auf Regal | Desgl. » 11 » | 0. |
| III. Am Boden unter Heu | Desgl. » 11 » | 0. |
| V. In offener Tierkiste | Desgl. » 11 » | 0. |
| VI. Auf Tisch frei am Fenster | Desgl. » 11 » | 0. |
| Tb.-Reinkultur Antrockn. (Kontrolle | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 10 Wochen | [illegible] |

Digitized by Google

(XIX.) 8. XII. 03. **Versuch 21.**

Tierstall. 30 cbm. Über 10,0 Formaldehyd pro cbm (Trillat). 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 12°.

| | | Direkt auf Agar | | | | | Auswaschung in 1 proz. $NH_3$-Lösung. 24 Stunden bei 35°, dann auf Agar | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | I. vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Regal 2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | × (22) |
| | III. Boden unter Heu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. Tierkäfig geöffnet | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | × | ××× | ××× | ××× |
| | V. Boden einer Tierkiste | 0 | 0 | 0 | 0 | × (23) | — | × | ××× | ××× | ××× |
| | VI. auf Fensterbank | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× |
| | VII. zwischen Tierkäfigen | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | × | ××× | ××× | ××× |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäd. (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur.-Papier | I. vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Regal 2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Boden unter Heu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. Tierkäfig geöffnet | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. Boden einer Tierkiste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. auf Fensterbank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII. zwischen Tierkäfigen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. p. aur.-Papier (Kontrolle) | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | — | | | | |

## Zusammenstellung der Resultate.

### 1. Einwirkung der Formaldehyddesinfektion auf tuberkelbazillenhaltiges Material.

a) Frisches tuberkulöses Sputum wurde in acht Versuchen einer Konzentration von 3,5—12,0 Formaldehyd pro cbm bei niedriger und hoher Temperatur ausgesetzt und auf 19 Versuchstiere übergeimpft. Von diesen starben 2 an akuter Peritonitis, 1 nach 2 Wochen an Phlegmone. Bei allen übrigen 16 Tieren blieb eine Infektion aus, während eine solche bei allen 8 Kontrolltieren prompt erfolgte.

b) Angetrocknetes Sputum kam in 11 Versuchen bei einer Formaldehydmenge von 2,5—7,0 pro cbm unter hoher und



Digitized by Google

niedriger Temperatur zur Untersuchung und wurde auf 40 Versuchstiere übertragen, von welchen 2 interkurrent an Milzbrand und Phlegmone starben. Von den übrig bleibenden 38 wurden 3 tuberkulös infiziert, 35 blieben gesund. Die 16 Kontrolltiere zeigten mit Ausnahme von 3, welche akuten Wundinfektionen erlagen, ausgesprochene Tuberkulose.

In den drei Fällen, wo eine Abtötung der Tuberkelbazillen ausblieb, findet man zweimal eine Erklärung hierfür in der geschützten Aufstellung des betreffenden Objekts bei der Desinfektion, nämlich einmal im Tierstall unter Heu, wo auch Staphy lokokken nicht abgetötet wurden, das andere Mal auf einem zusammengeballten Taschentuch in der Rocktasche. Im dritten Falle zeigte sich die Tiefenwirkung der Formaldehyddämpfe gegenüber den in die obersten Schichten eines Holzbrettchens eingesaugten Tuberkelbazillen zu gering.

c) Angetrocknete Tuberkelbazillenreinkultur wurde in einem Versuch (Tierstall 20) mit im ganzen wenig günstiger Desinfektionswirkung untersucht und auf fünf Tiere übertragen, welche sämtlich gesund blieben, während bei dem Kontrolltier eine prompte Infektion erfolgte.

Es erfolgten also unter 59 Tierversuchen 3 Infektionen, d. h. Misferfolge der Desinfektion, welche aber nicht dem Formaldehyd, sondern den begleitenden Umständen zuzuschreiben sind.

Soweit also der Tierversuch es vermag, die Frage nach der Lebensfähigkeit von Tuberkelbazillen zu lösen, so geht aus unseren Versuchsresultaten mit Evidenz hervor, dafs Formaldehyddämpfe in den gebräuchlichen Konzentrationen bei unserer Wohnungsdesinfektion imstande sind, die Tuberkelbazillen in organischem Material, auch in trockenem Zustande abzutöten, insofern dieses entsprechend unseren sonstigen Beobachtungen über die Formaldehydwirkung denselben zugänglich ist.

Die Abtötung erfolgt sogar im Vergleich mit anderen Krankheitserregern und der sonstigen Widerstandsfähigkeit des Tuberkelbazillus verhältnismäfsig leicht.

Digitized by Google

Wenn es nun auch, wie z. B. bei dem Verhalten der Milzbrandsporen nach Sublimateinwirkung, nicht ausgeschlossen erscheint, dafs ein Züchtungsverfahren auf künstlichen Nährböden sich als schärfere Prüfungsmethode erweisen würde, indem es noch Wachstumserscheinungen der Tuberkelbazillen ermöglichte, so liegt bis jetzt ein solches nicht in allgemein verwendbarer Form vor. Auch würde eine solche Tatsache die praktische Bedeutung der Formaldehyddesinfektion gegenüber dem Tuberkelbazillus nicht wesentlich beeinträchtigen können, solange die von verschiedenen Seiten vorliegenden Versuche in Übereinstimmung, auch mit den unsrigen, durch den Tierversuch beweisen, dafs jedenfalls die Infektionsfähigkeit der Tuberkuloseerreger durch geeignete Formaldehyddesinfektion vernichtet werden kann.

Wenn ferner auch bei verschiedenen unserer Versuche verhältnismäfsig dicke Auswurfskrusten durch die Formaldehydeinwirkung unschädlich gemacht worden sind, so gehört meiner Ansicht nach die anderweitige Beseitigung und Desinfektion derartiger grober Verschmutzungen allgemein zu den Vorbereitungs- und Ergänzungsmafsregeln des Formaldehydverfahrens, welche die Objekte der Formaldehydwirkung zugänglich, oder wenn dies unmöglich, in anderer zweckmäfsiger Weise unschädlich machen sollen.

Diese längst bekannten und in den Instruktionen der Desinfektoren genau präzisierten Mafsnahmen haben bis jetzt den Wert der Formaldehyddesinfektion nicht beeinträchtigt und den Ruf ihrer grofsen praktischen Vorteile gegenüber anderen in Betracht kommenden Methoden nicht geschädigt!

### 2. Ammoniakbehandlung und Prüfungsmethoden.

Die Ammoniakbehandlung der Objekte nach Roemer wurde in 17 Versuchen gegenüber der direkten Übertragung auf Nährböden untersucht. Unter diesen war bei 10 eine Änderung der Resultate nach Ammoniakeinwirkung überhaupt nicht zu bemerken.

Digitized by Google

Auch bei den anderen 7 Versuchen (5., 8., 9., 10., 15., 18., 21.) zeigte sich keine eklatante eindeutige Wirkung derselben, wie bei den Versuchen von Roemer.

Nicht ein einziges Mal wurde bei Staphylokokken eine Auskeimung nach Ammoniakabspülung beobachtet und auch bei Milzbrand handelte es sich immer um verzögerte, sehr späte Auskeimungen.

Ferner wurde durch die Ammoniakbehandlung durchaus nicht immer das Resultat in dem Sinne verändert, dafs Objekte, die ohne eine solche steril blieben, nach derselben Wachstum zeigten. Bei Versuch 8, 9 und 15 ist bei Staphylokokken das Umgekehrte der Fall, sowie auch in Versuch 17 und 18 namentlich bezüglich des Zeitpunkts der Auskeimung. — Auf diese Ungleichmäfsigkeit der Wirkung wird übrigens auch schon bei Hammerl und Kermauner (14) aufmerksam gemacht!

Was weiter die praktische Bedeutung der durch die Ammoniakbehandlung bedingten Veränderung der Resultate bei obigen 7 Versuchen betrifft, so handelt es sich bei denselben mit Ausnahme eines einzigen (Vers. 5), welcher bei sonst günstigem Desinfektionsergebnis eine Auskeimung am 9. Tag zeigte, nur um solche, welche infolge niedriger Temperatur oder anderer Umstände überhaupt ungenügende oder eben auf der Grenze stehende Desinfektionswirkung zeigten, so dafs die Tatsache einer mangelnden völligen Abtötung der Milzbrandsporen nicht sonderlich überrascht.

Auf Grund dieser Beobachtungen erscheint mir ein wesentlicher Einflufs der Ammoniakbehandlung auf die Resultate der Formaldehyddesinfektion, wenn bei dieser die heute bekannten Vorbedingungen zur Erzielung einer genügenden Desinfektionswirkung beachtet worden sind, im Gegensatz zu Roemer nicht wahrscheinlich.

Da aber nach derselben, wie auch bei Hammerl und Kermauner im einigen Fällen Auskeimung von Objekten eingetreten ist, die wir sonst hätten für abgetötet halten müssen, so möchte ich ohne Rücksicht auf die mitgeteilten entgegengesetzten Resultate die einfache Methode einer Abspülung

Digitized by Google

in Ammoniaklösung doch als Verschärfung unserer Prüfungsmethoden in allen Fällen empfehlen. Besondere Vorteile einer längeren oder kürzeren oder höher temperierten Einwirkung haben sich aus unseren Versuchen nicht feststellen lassen.

Von mindestens ebenso grofser Wichtigkeit für die Verschärfung der Prüfungsmethoden als die Ammoniakbehandlung scheint mir aber ein anderer Punkt zu sein, bei dessen Nichtbeachtung in unseren Versuchen z. B. der Nachweis einer positiven Wirkung der Ammoniakbehandlung nicht in einem Fall erbracht worden wäre. Dies ist eine Verlängerung der meist üblichen Beobachtungsdauer!

Schon Gruber ([13]) hat als eine der Hauptfehlerquellen bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln die zu kurze Beobachtung bezeichnet. Im Hinblick auf die nach Sublimateinwirkung vorgekommenen Spätauskeimungen von Milzbrandsporen empfahl er eine mindestens 8—10tägige Beobachtungsdauer. Tatsächlich scheinen sich sehr viele Untersucher hiermit begnügt zu haben, soweit darüber überhaupt eine genauere Angabe in der Literatur zu finden ist (z. B. Aronson ([4]), v. Brunn ([6]), Hammerl und Kermauner ([14]), Fairbanks ([9]), Enoch ([7]), Roemer ([26]) u. A.). Reichenbach ([25]) gibt bei seinen schon erwähnten Untersuchungen über Desinfektion von Eisenbahnwagen, bei welchen ihm die Abtötung von Milzbrandsporen mit Leichtigkeit, diejenige von Staphylokokken vielfach nicht gelang, seine Beobachtungsdauer auf mindestens 5 Tage an und fügt hinzu, er habe nach dem vierten Tage niemals mehr Wachstum gesehen! Vielleicht erklären sich dadurch seine auffallend günstigen Resultate gegen Milzbrandsporen. — Auf der anderen Seite haben z. B. Nowack ([21]) 3 Wochen, Jörgensen ([18]) 30 Tage, Rosenberg ([27]) 6 Wochen und Pfuhl ([23]) $1^1/_2$ bis 2 Monate beobachtet.

Nach unseren Erfahrungen erscheint es nicht berechtigt, über die Lebensfähigkeit von Milzbrandsporen nach Formaldehydeinwirkung schon nach 8—10tägiger Beobachtungszeit ein Urteil abzugeben, wie es von der gröfsten Mehrzahl der Beobachter geschehen ist.

Digitized by Google

Ich stelle nur zur Überlegung, wie anders unsere Resultate ausgefallen wären, wenn in den Tabellen die beiden letzten Kolumnen (12 und 30 Tage) gestrichen würden, und glaube in der Forderung einer 30tägigen Beobachtungsdauer für solche Untersuchungen nicht zu weit zu gehen.

## Folgerungen für Wert und Technik der Formaldehyddesinfektion.

Als auffallendste Tatsache hat sich aus den geschilderten, mit verschärften Prüfungsmethoden ausgeführten Versuchen über Wohnungsdesinfektion gezeigt, dafs bei der hohen Temperatur der Sommermonate mit den gewöhnlichen Methoden zwar eine Abtötung der Tuberkelbazillen, Staphylokokken sowie auch resistenter Milzbrandsporen in den in Betracht kommenden Verhältnissen erreicht wird, dafs dies aber bezüglich der letzteren bei Wintertemperatur nicht mit Sicherheit der Fall ist, selbst wenn die Formaldehydquantitäten ganz bedeutend gesteigert werden.

Die Forderung, dafs Milzbrandsporen unter allen Umständen abgetötet werden, erfüllt also unsere Formaldehyddesinfektion nicht!

Es ist aber eine weitere, schon viel diskutierte Frage, ob man bei der Beurteilung einer Desinfektionsmethode, welche gegenüber den anderen als wirksamer in Betracht kommenden Verfahren erfahrungsgemäfs so grofse praktische Vorzüge bewiesen hat, einen so hohen Mafsstab anlegen mufs.

In Anbetracht dessen, dafs Milzbrandsporen gegenüber chemischen Desinfektionsmitteln eine ganz aufserordentlich grofse Widerstandskraft besitzen (so keimten z. B. die bei den letzten Versuchen benutzten Milzbrandsporenfäden noch nach 70tägigem Aufenthalt in 5proz. Karbolsäure innerhalb 24 Stunden in ungeschwächter Weise aus!), und dafs unter den uns bekannten Krankheitserregern sich nur noch ein sporenbildender Mikroorganismus befindet, der wohl ebenso selten als Milzbrand zu Wohnungsdesinfektionen Anlafs geben dürfte, ferner, dafs unter

Digitized by Google

den nicht sporentragenden Keimen der Staphylococcus pyogenes aureus als besonders widerstandsfähig gegen Formaldehyd bekannt ist, glaube ich, dafs wir uns für die weitaus meisten Fälle mit einer Desinfektionswirkung begnügen können, durch welche resistente Staphylokokken mit Sicherheit vernichtet werden. Diese ist nun, auch nach unseren Versuchen, durch die gebräuchliche Formaldehyddesinfektion immer zu erreichen, selbst bei so ungünstigen Verhältnissen wie in den geschilderten Tierstallversuchen.

Handelt es sich aber ausnahmsweise um gröfsere Ansprüche an die Desinfektionswirkung, so läfst sich eine Steigerung derselben durch Vergröfserung der Formaldehydquantitäten, vor allen Dingen aber durch künstliche Erhöhung der Temperatur erreichen.

Unter diesen Gesichtspunkten wird man dem Formaldehydverfahren, durch welches die Wohnungsdesinfektion als wesentlicher Faktor der heutigen Seuchenbekämpfung erst ihre jetzige Bedeutung erlangt hat, seine Berechtigung nicht aberkennen können!

Bezüglich der Technik des Verfahrens möchte ich zum Schlusse als Zusammenfassung der vorstehenden Ausführungen folgende praktische Forderungen an eine wirksame Wohnungsdesinfektion aufstellen:

1. Die von Flügge anfangs vorgeschlagene Formaldehydmenge von 2,5 pro cbm hat sich als zu klein erwiesen. Es ist in allen Fällen als durchschnittliches Quantum 5,0 Formaldehyd pro cbm mit siebenstündiger Einwirkungsdauer anzuwenden.

2. In Ausnahmefällen, wo mangelhafte Abdichtung nicht zu vermeiden ist, oder sehr zahlreiche Gegenstände oder reichliche organische Massen in dem Raum vorhanden sind, die sich nicht zweckmäfsiger anderweitig beseitigen lassen, mufs diese Formaldehydmenge bei gleicher Einwirkungsdauer bis auf das Doppelte gesteigert werden.

Digitized by Google

3. In allen Fällen, wenn die Temperatur des Raumes unter 10° ist, mufs eine Anwärmung erfolgen.

   Zur Steigerung der Desinfektionswirkung in besonderen Fällen ist in erster Linie eine Erwärmung des Raumes auf 20—25° zu veranlassen, durch welche eine gründliche Durchwärmung der Wände und Gegenstände vor Beginn der Desinfektion erreicht sein mufs. Hierbei ist in Betracht zu ziehen, dafs stärker erwärmte Flächen durch die Formaldehyddämpfe selbst nicht desinfiziert werden, sowie dafs ein nicht vollständig geschlossener, warmer Ofen mit Abzugsrohr einen namhaften Abdichtungsfehler darstellt.

4. Zur Vermeidung von Fehlern bezüglich der beabsichtigten Formaldehydkonzentration mufs der Prozentgehalt und die chemische Zusammensetzung des verwendeten Formalins kontrolliert werden, da diese Verhältnisse sehr oft nicht mit den Voraussetzungen der üblichen Tabellen übereinstimmen.

---

## Literatur.

1. Abba und Rondelli, Zeitschr. f. Hygiene, 1897, XXVII.
2. Dieselben, Zentralblatt f. Bakteriologie, 1900.
3. Dieselben, Zentralblatt f. Bakteriologie, 1903.
4. Aronson, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXV, 1897.
5. Bosc, Annales de l'Institut Pasteur, 1896.
6. v. Brunn, Zeitschr. f. Hygiene u. Infek., XXX, 1899.
7. Enoch, Hygienische Rundschau, XXV, 1899.
8. v. Esmarch, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., V, 1889.
9. Fairbanks, Zentralblatt f. Bakteriologie, XXIII, 1898.
10. Flick, Zentralblatt f. Bakteriologie, XXVI, 1899.
11. Flügge, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXIX, 1898.
12. Derselbe, Klinisches Jahrbuch, VII. Band, 5. Heft, 1900.
13. Gruber, Zentralblatt f. Bakteriologie, XI, 1892.
14. Hammerl und Kermauner, Münch. med. Wochenschr., 1898.
15. Hefs, Inaug.-Diss., Marburg 1898.
16. Hesse, Zeitschr. f. Hygiene, XXI, 1899.
17. Derselbe, Deutsch. Archiv f. klin. Medizin, 77. Band, S. 548.
18. Jörgensen, Zeitschr. f. Hygiene, XLV, 1903.

Digitized by Google

19. Koeniger, Korresp.-Blatt d. ärztl. Vereine des Gr. Hessen, 1903, 4.
20. Kroenig und Paul, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXV, 1897.
21. Nowack, Hygien. Rundschau, IX.
22. Peerenboom, Hygienische Rundschau, 1898.
23. Pfuhl, Zeitschr. f. Hygiene, XXII u. XXIV, 1896 u. 1897.
24. Pottevin, Annales de l'Institut Pasteur, 1894.
25. Reichenbach, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXXIX, 1902.
26. Roemer, E. v. Behrings Beiträge z. exper. Therapie, Heft 6, Marburg 1903.
27. Rosenberg, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXIV, 1897.
28. Schumburg, Deutsche med. Wochenschr., 1898
29. Spengler, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XLII, 1903.
30. Derselbe, Zentralblatt f. Bakteriologie, XXVIII, 1900.
31. Steinitz, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXXVIII, 1901.
32. Vaillard-Lémoine, Annales de l'Institut Pasteur, 1896.
33. Walter, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXI u. XXVI.

Digitized by Google

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Freiburg i. B.)

# Untersuchungen über Bakterienvernichtung durch den Sauerstoff der Luft und durch Wasserstoffsuperoxyd.

Von

Dr. **Küster**, I. Assistent des Instituts.

Bei der bakteriologischen und chemischen Untersuchung grofser Wasserläufe wurde schon vor Jahren die Beobachtung gemacht, dafs eine natürliche Selbstreinigung des Flufswassers stattfindet, die sich sowohl in einer Verringerung der Keimzahl, als auch in einer Abnahme der chemischen Verunreinigungen kundgibt.

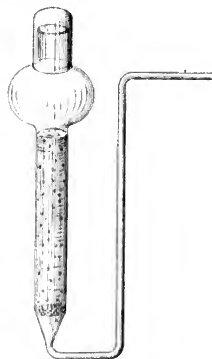
Für diese äufserst wichtigen Naturvorgänge wurden schon die verschiedenartigsten Umstände als Ursachen namhaft gemacht: die Belichtung durch die Sonne, die Bewegung der Wassermassen, die Flächenattraktion der mitgeführten Sandmassen, das chemische Verhalten des Untergrundes, die Tätigkeit tierischer und pflanzlicher Wasserbewohner und endlich die oxydierende Einwirkung der Luft. Dieses letztgenannte Reinigungsmoment erschien uns von ganz besonderer Bedeutung auf Grund von chemisch-bakteriologischen Untersuchungen (1) *), die im letzten Jahre an einigen kleinen Schwarzwaldbächen von seiten des Hygienischen Instituts der Universität Freiburg i. B. angestellt wurden. Solche rasch und sprudelnd fliefsenden Gebirgsbäche zeigen trotz ihrer verhältnismäfsig geringen Wassermenge bei Zuführung starker Verunreinigungen schon nach kurzem Laufe durch Selbstreinigung

*) Die Zahlen in der Klammer weisen auf die Nummern des Literaturverzeichnisses am Schlusse hin.

Digitized by Google

eine starke Abnahme der Keimzahl und der chemischen Verunreinigung. Bei dem Verhalten der von uns untersuchten Wasserläufe (Herdenerbach, Klemmbach und Möhlin) war nun zweifelsohne dem Sauerstoff der Luft besonders günstige Gelegenheit geboten, seine oxydierenden Einwirkungen auszuüben, und es wurde deshalb versucht, im Laboratorium diese natürlichen Verhältnisse nachzuprüfen und ihre Bedeutung festzustellen.

Zu diesem Zwecke wurde folgende Versuchsanordnung getroffen: eine U-förmig gebogene Glasröhre von 40,0 cm Länge zeigt einen weiten und einen engen Schenkel. Der enge Schenkel — lichte Weite 4 mm — ist oben rechtwinklig umgebogen und steht mit dem luftzuführenden Schlauche einer Wasserluftpumpe in Verbindung. Der weite Schenkel mit 2,5 cm innerem Durchmesser ist zur Aufnahme der zu bearbeitenden Wasserprobe bestimmt und trägt in seinem unteren Teile, dort, wo er allmählich in den engen Schenkel übergeht, eine horizontal das Lumen einnehmende, feindurchlöcherte Porzellanplatte, so dafs die eingepumpte Luft in kleinen Bläschen durch die Wassersäule des weiten Schenkels aufsteigen mufs. Das obere Ende dieses Schenkels trägt eine weite Schäumkugel, um das Verspritzen von emporgerissenen Wasserteilchen zu verhüten. Ihre obere Öffnung wird durch einen Glasstutzen lose geschlossen, die Luft kann leicht entweichen, eine Verunreinigung durch Keime ist ausgeschlossen. Der ganze Apparat kann ohne Schwierigkeit im Trockenschranke sicher sterilisiert werden. Die zugepumpte Luft wird dem Zimmer entnommen und passiert ein unmittelbar vor den Apparat geschaltetes, steriles Wattefilter. Bei dieser Anordnung ist es möglich, dauernd eine sehr innige Berührung kleinster Luftbläschen mit den zu untersuchenden Wasserproben bei geringem Druck herbeizuführen.



Die Frage, deren Beantwortung wir uns nun zunächst vorlegten, war folgende: Übt die durchströmende Luft einen Ein-

Digitized by Google

flufs auf die im Wasser befindlichen Bakterien aus oder nicht, und ist dieser Einflufs von der herrschenden Temperatur abhängig? Um dieses festzustellen, mufsten drei gleiche Apparate folgendermafsen montiert werden: Apparat Nr. I wurde mit einem Dritteil der zu behandelnden Wasserprobe beschickt und diente, ohne dafs irgend etwas damit vorgenommen wurde, zur Kontrolle. Apparat Nr. II enthielt das zweite Dritteil der Wasserprobe und wurde bei Zimmertemperatur mit Luft durchspült. Apparat Nr. III, mit dem letzten Dritteil der Wasserprobe, wurde in gleicher Weise mit Luft durchspült und aufserdem noch mit seinem unteren Teile etwa 15 cm tief in Eiswasser eingetaucht. Die Kühlung von Nr. III mit schmelzendem Eis wurde angewandt, weil wir bei Untersuchung der Schwarzwaldbäche durchgehends eine niedere Temperatur des Wassers (8° C durchschnittlich) konstatierten und weil wir auch hierin uns den natürlichen Verhältnissen möglichst anpassen wollten. Das Wasser für die Untersuchung wurde der Freiburger Wasserleitung entnommen, die Apparate in einem Raume aufgestellt, der vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt war und Temperaturschwankungen zwischen 13—16° C zeigte. Die Temperatur in Apparat III betrug oben: 2,3—3,1, mitten: 2,8, unten: 2,2° C; in Apparat I und II herrschte Zimmertemperatur.

Die Keimzahl wurde durch Gelatineplattenverfahren festgestellt und zwar so, dafs für jede Zählung 12 ccm verarbeitet und daraus der Durchschnitt für 1 ccm berechnet wurde.

Tabelle A.

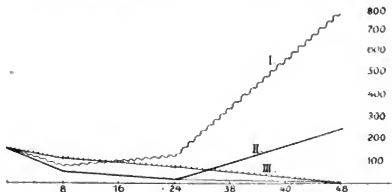
| | Kontrolle Nr. I | Luftdurchspülung bei Zimmertemperatur Nr. II | Luftdurchspülung u. Eiswasserkühlung Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches in 1,0 ccm | 154 | 154 | 154 |
| » nach 8 Stunden | 81 | 52 | 114 |
| » » 24 » | 127 | 27 | 72 |
| » » 48 » | 802 | 249 | 8 |

Die Tabelle zeigt, dafs Luftdurchspülung eines keimarmen Wassers sehr wohl dessen Keimzahl niedrig hält, dafs aber erst

Digitized by Google

bei Hinzutreten niederer Temperaturverhältnisse eine keimtötende Wirkung eintritt.

Es handelte sich bei dem Versuche nur um die Einwirkung auf die gewöhnlichen Wasserbakterien, wie sie in dem tadellosen Freiburger Leitungswasser vorkommen. Um nun des weiteren auch das Verhalten von unreinem Wasser unter den gleichen




Kurve zu Tabelle A.

Verhältnissen festzustellen, wurde das trübe und etwas faul riechende Wasser eines Freiburger Umflutgrabens zur Entfernung grober Verunreinigungen mit Fliefspapier filtriert, wegen der hohen Keimzahl mit vier Teilen Leitungswasser verdünnt und damit zwei sterile Apparate gefüllt. Apparat Nr. I wurde bei Eiskühlung mit Luft durchspült, Nr. II diente als Kontrolle. Alles Übrige wie bei Versuch A.

Tabelle B.

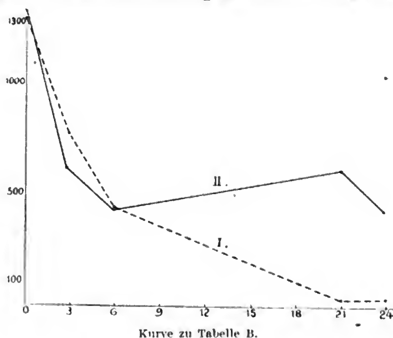
| | Luftdurchspülung und Eiswasserkühlung Nr. I | Kontrolle Nr. II |
|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches pro 1 ccm | 1357 | 1357 |
| » nach 3 Stunden | 715 | 620 |
| » » 6 » | 441 | 416 |
| » » 21 » | 45 | 627 |
| » » 24 » | 45 | 449 |

Der Versuch lehrt, dafs bei einem verunreinigten Wasser unter den gegebenen Verhältnissen eine energische Keimverminderung eintritt, so dafs nach 20 Stunden Versuchsdauer nur noch $^1/_{30}$ der Keimzahl zu konstatieren ist. Gleichzeitig sehen

Digitized by Google

wir auch in dem Kontrollwasser die Keimzahl auf $^1/_3$ sinken; auf letztere Eigentümlichkeit werden wir zusammenfassend am Schlusse der Versuchsserie zu sprechen kommen.

Beide Versuche zeigen, dafs Luftdurchströmung bei Eiskühlung ein starkes Reinigungsmoment ergeben, und es wäre nun denkbar, dafs der Eiskühlung allein dabei der gröfsere Anteil



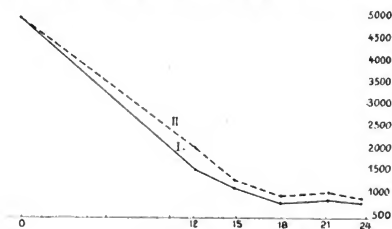
Kurve zu Tabelle B.

zuzurechnen wäre, zumal in dem Versuch A Luftdurchspülung bei Zimmertemperatur sich als weniger wirksam erwiesen hat. Um dieses aufzuklären, wurden bei einem folgenden Versuche eine Wasserprobe der gewohnten Luftdurchspülung und Eiskühlung unterworfen, während eine zweite Probe desselben Wassers in einem sterilen Kochkolben vollständig in schmelzendem Eis gehalten wurde. Das Versuchsresultat war folgendes:

Tabelle C.

| | Luftdurchspülung und Eiskühlung Nr. I | Kontrolle ganz in Eis stehend Nr. II |
|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches | 4579 | 4579 |
| » nach 12 Stunden | 1679 | 2085 |
| » » 15 » | 1262 | 1574 |
| » » 18 » | 702 | 978 |
| » » 21 » | 885 | 1015 |
| » » 24 » | 777 | 956 |

Da die Kontrollprobe in schmelzendem Eise, also bei 0° gehalten wurde, so konnte natürlich kein nennenswertes Bakterienwachstum mehr erfolgen, anderseits wissen wir, dafs Kälte einen konservierenden Einflufs auf Mikroorganismen ausübt; es bleibt daher für das stetige Fallen der Keimzahl in der Kontrolle das natürliche Absterben der ausgewachsenen Formen als Erklärung übrig. Aber trotz dieser in praxi einer Keimvernichtung gleichkommenden Kältewirkung zeigt sich dennoch durchgehends ein stärkerer Einflufs der Luftdurchspülung mit Eiskühlung, welcher




Kurve zu Tabelle C.

bei den vorhandenen höheren Temperaturen in dem Durchspülungsapparate noch entsprechend höher zu bewerten ist. Die Keimzahl ist durchgehends nieder und ihre Kurve fällt steiler ab.

Um diese bisherigen Versuche nochmals auf ihre Richtigkeit zu prüfen, wurde darauf folgende zusammenfassende Anordnung getroffen: Die Durchspülungsgefäfse werden mit gleichen Wasserproben gefüllt; sodann wird Apparat Nr. I wie bisher bei Eiskühlung mit Luft durchströmt. Apparat Nr. II taucht mit seinem unteren Ende in das nämliche Kühlbassin wie Nr. I, bleibt aber ohne Luftdurchspülung; Apparat Nr. III dient als Kontrolle bei Zimmertemperatur. Bei dieser Anordnung wird in Nr. II eine mäfsige Abkühlung (auf etwa 8° C) erreicht, indem der starken Abkühlung des unteren Teiles der Wassersäule die Erwärmung durch die warme Zimmerluft (15° C) an den oberen Partien entgegenwirkt. Es findet also eine ständige Strömung der verschieden

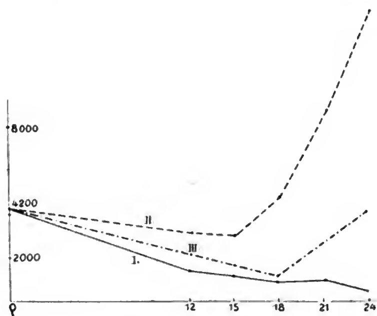


Digitized by Google

warmen Wasserteilchen in dieser Probe statt, und es werden dem Apparat Nr. I näherkommende Temperaturverhältnisse geschaffen als dies bei Versuch C der Fall war. Vor der jeweiligen Entnahme werden Nr. II und Nr. III geschüttelt, um eine gleichmäfsige Verteilung der Keime zu erzielen und besonders einen Einflufs der Sedimentation auszuschliefsen.

Tabelle D.

| | Luftdurchspülung u. Eiskühlung Nr. I | Kontrolle bei Zimmertemperatur Nr. II | Kontrolle mit Eiskühlung Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . . . | 4200 | 4200 | 4200 |
| » nach 12 Stunden . . . . . . | 1540 | 3084 | — |
| » » 15 » . . . . . . . | 1320 | 3000 | — |
| » » 18 » . . . . . . . | 802 | 5703 | 1182 |
| » » 21 » . . . . . . . | 902 | 8772 | — |
| » » 24 » . . . . . . . | 576 | 13426 | 4080 |




Kurve zu Tabelle D.

Das Resultat entspricht den gehegten Erwartungen. Schon nach zwölf Stunden ist bei Probe Nr. I eine deutliche Keimverminderung bemerkbar und diese nimmt bis zum Schlusse des Versuches stetig zu, nach 24 Stunden ist nur noch $^1/_8$ der Keimzahl zu konstatieren. Die Kontrolle bei Zimmertemperatur zeigt

Digitized by Google

ausgesprochene Keimvermehrung, die schliefslich das Dreifache beträgt. Der Apparat Nr. III, von dem nur zu Anfang, in der Mitte und am Ende des Versuches eine Keimzählung vorgenommen wurde, zeigt, abgesehen von der geringeren Keimzahl nach 18 Stunden, konstante Zahl.

Die Temperaturverhältnisse in Apparat II waren durch die besondere Versuchsanordnung derartig beeinflufst, dafs ihr Vorkommen natürlicherweise in Flufsläufen nicht denkbar ist. Dieser Versuch hat daher auch nur theoretischen Wert und mufste bezüglich der Temperatur in den Durchlüftungsapparaten durchaus abgeändert werden, um eine praktische Beweiskraft zu erhalten. Wie oben erwähnt, ergaben unsere Temperaturmessungen der drei Schwarzwaldbäche eine Durchschnittstemperatur von 8° C (Min. + 1°, Max. + 12,2° C). Diese Mitteltemperatur von 8° C liefs sich nun leicht in einem 10 l-Bassin durch ständigen Zuflufs von Leitungswasser erreichen, so dafs die ständigen Thermometerbeobachtungen nur Schwankungen bis zu 1° erkennen liefsen. In ein solches Bassin wurden die Apparate bis zur Schäumkugel eingetaucht. Die Versuchsdauer betrug 24 Stunden. Das verwendete Wasser entstammte dem bereits erwähnten Umflutgraben und war zur Hälfte mit Leitungswasser verdünnt. Es ergab sich folgendes:

Tabelle E.

| | Probe mit Luftdurchspülung bei 8° C | Kontrolle ohne Luftdurchspülung bei 8° C |
|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches pro 1 ccm | 9 404 | 9 404 |
| » nach 3 Stunden » 1 » | 10 260 | 12 430 |
| » » 6 » » 1 » | 15 368 | 15 552 |
| » » 9 » » 1 » | 11 784 | 13 872 |
| » » 21 » » 1 » | 1 200 | 5 288 |
| » » 24 » » 1 » | 2 112 | 6 408 |

Die Herabminderung der Keimzahl in dem Apparate mit Luftdurchspülung tritt in vorliegendem Falle bei der Probeentnahme nach 21 Stunden deutlich hervor, und der Versuch beweist, dafs auch Temperaturverhältnisse, wie sie in Wirklichkeit



Digitized by Google

bei Gebirgsbächen vorkommen, durchaus geeignet sind, eine Keimvernichtung durch die atmosphärische Luft zu ermöglichen, sofern nur eine innige und ausgiebige Berührung der Luft mit den Wassermassen durch den sprudelnden und schäumenden Verlauf der Bäche gewährleistet wird.

Bis jetzt hatten wir die Versuchsdauer aus praktischen Gründen nicht über 48 Stunden ausgedehnt, und es erschien daher angebracht, noch einen analogen Versuch über sieben Tage anzustellen. Das Ergebnis war folgendes:

Tabelle F.

| | Luftdurchspülung u. Eiskühlung Nr. I | Kontrolle bei Eiskühlung Nr. II | Kontrolle bei Zimmertemperatur Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . | 12 712 | 12 712 | 12 712 |
| a) » nach 23 Stunden . . . . | 4 360 | 14 990 | 28 000 |
| b) » » 46 » . . . . | 2 574 | 115 200 | ∞ |
| c) » » 55 » . . . . | 1 720 | 120 000 | ∞ |
| d) » » 69 » . . . . | 2 604 | ∞ | ∞ |
| e) » » 78 » . . . . | 2 484 | ∞ | ∞ |
| f) » » 100 » . . . . | 9 152 | 312 624 | 864 000 |

Das Wasser wurde dem obenerwähnten Umflutgraben entnommen und mit Fliefspapier filtriert; von einer Verdünnung mit Leitungswasser wurde diesmal Abstand genommen, damit ein an organischer Substanz verhältnismäfsig reiches Versuchswasser der Luftoxydation ausgesetzt würde. Apparat Nr. I und Nr. II tauchten in ein gemeinschaftliches Kühlbassin ein. Wie ersichtlich, wurde die Keimzahl durch Luftdurchspülung und Eiskühlung in zwei Tagen auf $^1/_6$ der ursprünglichen herabgesetzt und bleibt konstant bis zur fünften Probeentnahme. Nach dieser, also nach 78 Stunden, wurde die Eiskühlung unterbrochen, während die Luftdurchspülung bis zu 100 Stunden fortgesetzt wurde. Bei der jetzt entnommenen Probe zeigte sich, dafs die Keimzahl infolgedessen um das Dreifache gestiegen war. Die beiden Kontrollen zeigen eine stetige Keimzunahme, so dafs bei Kontrolle II nach der dritten, bei Kontrolle III schon nach der ersten Entnahme eine Zählung nicht mehr möglich ist. Bei der letzten Entnahme

Digitized by Google

nach 100 Stunden wurde die Keimzahl dadurch bestimmt, dafs starke Verdünnungsplatten angelegt wurden. Anschliefsend an diesen Versuch wurde in den drei Wasserproben die oxydable Substanz mit Kaliumpermanganat bestimmt; in Probe I, welche der Luftdurchspülung ausgesetzt war, fand sich bei weitem der geringste Gehalt an organischer Substanz.

Auf Grund der angeführten Versuchsserie glauben wir uns zu folgenden Schlüssen berechtigt:

**Mit Hilfe von Luftdurchspülung und gleichzeitiger Abkühlung wird die Keimzahl eines Wassers beträchtlich herabgesetzt und dauernd niedrig erhalten.**

**Abkühlung allein übt einen wachstumhemmenden, im günstigsten Falle, wenn das Wasser auf 0° gehalten wird, einen mäfsigen keimvermindernden Einflufs aus.**

**Diese Erscheinungen sind um so ausgeprägter, je mehr es sich um den Einflufs auf verunreinigende Bakterien, nicht typische Wasserkeime handelt.**

Fragen wir uns, worin wohl unter den angeführten Versuchsbedingungen der eigentliche Grund für die Herabsetzung der Keimzahl zu suchen ist, so können dafür nur zwei Momente namhaft gemacht werden: die dauernde und energische Erschütterung der Wassermassen und zweitens die Einwirkung der Luftgase. Über die Beeinflussung des Bakterienwachstums durch mechanische Erschütterung sind schon von sehr vielen Autoren [siehe die Zusammenstellung bei Wolffhügel und Riedel (10)] ausgedehnte experimentelle Untersuchungen angestellt worden, ohne dafs die Frage in positivem oder negativem Sinne entschieden ist. Jedenfalls scheint der mechanische Vorgang nur in Verbindung mit anderen noch nicht sicher erkannten Einflüssen, welche die Anordnung des Versuches mit sich bringt, wirksam zu sein. Es läfst sich daher auch in vorliegendem Falle eine Keimvernichtung oder Wachstumshemmung durch Bewegung nicht absolut ausschliefsen. Da jedoch bei gleich energischer Bewegung das physikalische Verhalten des Wassers, d. h. seine Temperatur von

Digitized by Google

offenbar ausschlaggebendem Einflufs auf den Reinigungseffekt bei der Luftdurchspülung ist, so mufs im wesentlichen für die Herabsetzung der Keimzahl ein Umstand mafsgebend sein, der den Temperaturverhältnissen der Wassermasse entsprechend sich ändert, und dieses ist die Einwirkung der Luftgase.

Von den verschiedenen Luftgasen kann in vorliegendem Falle als wirksam nur der Sauerstoff der Luft in Betracht kommen, denn es liegen bis jetzt keinerlei Beobachtungen vor, welche gestatten, dem N oder $CO_2$ in der Luft einen Einflufs auf Bakterienwachstum zuzuschreiben, und anderseits spricht die Verringerung der oxydablen Substanz in den luftdurchspülten Proben für einen abgelaufenen Oxydationsvorgang. Ob dieser letztere nun dem gewöhnlichen inaktiven Luftsauerstoff oder einer besonderen Modifikation desselben (aktiv als Ozon oder in statu nascendi aus $H_2 O_2$ abgespalten) zuzuschreiben ist, lassen wir dahingestellt, jedenfalls gelang es uns nicht mit den gewöhnlich üblichen Methoden eine solche Modifikation nachzuweisen. Luftsauerstoff ist im Wasser 15° C zu 35% Vol. absorbiert, die absolute Gröfse seiner Absorption in Wasser wächst, wie bei allen Gasen, mit sinkender Temperatur. Aus den eben angeführten Gründen ist man wohl berechtigt, den Luftsauerstoff als Agens für die Keimverminderung bei der Luftdurchspülung des Wassers zu erachten. Da nun des weiteren durch die Versuchsanordnung alle anderen Momente, die für eine natürliche Selbstreinigung in Betracht kämen, ausgeschaltet sind, so ist der Rückschlufs gestattet, dafs auch bei der Selbstreinigung von Wasserläufen, wenigstens bei Gebirgsbächen mit niederer Temperatur, der keimvernichtende Einflufs der Luft hoch zu bewerten ist.

Das verschiedenartige Verhalten der Keimzahl in den nicht mit luftdurchströmten Wasserproben bedarf noch besonderer Untersuchungen; Cramer, Bolton, Rubner, Leone u. a. haben in stehenden Wässern stets ein anfängliches Steigen und nachträgliches Sinken der Keimzahl konstatiert, während Lehmann ([12]) angibt, dafs bei zu Beginn des Versuches sehr hoher Keimzahl häufig auch ein sofortiges Sinken der Keimzahl beobachtet wird.

Digitized by Google

Wir sind der Meinung, dafs für das Verhalten der Keime in stagnierenden Wassermassen neben anderem auch die Entnahmequelle verantwortlich sei und zwar insofern, als offenbar ein Unterschied in dem Verhalten solcher Wasserproben bestehen mufs, je nachdem dieselben der Tiefe eines Brunnens, einem offenen Wasserlauf oder dem Hahn einer Wasserleitung entnommen sind. Bei der Entnahme aus einem Flufslauf im speziellen käme alsdann das Stadium der natürlichen Selbstreinigung für das weitere Verhalten der entnommenen Probe besonders in Betracht. Da diese Selbstreinigung in einer Kurve verläuft und mit Einschränkung — hauptsächlich in biologischer Beziehung — sich auch in der entnommenen Probe fortsetzt, so mufs das Verhalten der Keimzahl, entsprechend der Zeit der Entnahme (ob bei sinkender oder steigender Tendenz), ein verschiedenartiges Kurvenbild liefern. Auch in den Tabellen der II. Abteilung dieser Arbeit haben wir mitunter ein sofortiges Sinken der Keimzahl gefunden.

Nachdem sich so gezeigt hatte, dafs der Sauerstoff schon unter natürlichen Verhältnissen eine starke keimtötende Wirkung auf Wasserbakterien im weitesten Sinne ausübt, und nachweisbar überdies bei dem neuerdings eingeführten und erprobten Ozonisierungsverfahren die künstliche Verwendung des O in einer aktiven Modifikation als $O_3 = O\!\left<\begin{matrix}O\\ \|\\ O\end{matrix}\right.$ eine noch ausgiebigere ist, so mufste sich die Frage aufwerfen, ob nicht chemisch nahestehende Formen des O, womöglich einfachere und billigere, sich finden liefsen, welche einen schädigenden, abtötenden Einflufs auf im Wasser befindliche bzw. pathogene Bakterien auszuüben vermögen. Unter den hierher gehörigen chemischen Körpern mufste das Wasserstoffsuperoxyd: $H_2O_2$ als der einfachste und wirksamste in Betracht gezogen werden.

Die Wirkungsweise des $H_2O_2$ ist der des Ozons sehr nahestehend, denn bei beiden stellt der Sauerstoff das wirksame Prinzip dar. Während jedoch das Ozon schon an und für sich oxydierend wirkt, indem es leicht ein Sauerstoffatom abgibt, und die beiden übrigbleibenden Sauerstoffatome des Ozonmoleküls sich zu in-

Digitized by Google

aktiven Sauerstoff O = O aneinanderlagern, mufs in dem $H_2O_2$ erst durch organische Körper, Bakterien oder katalytisch wirkende Substanzen ($FeSO_4$) ein Sauerstoffatom abgespalten werden, und dieses übt dann in statu nascendi, also auch in einer aktiven Form des O, seine oxydierende bzw. desinfizierende Wirkung aus. Wie im einzelnen der Angriff des aktiven Sauerstoffs bei der Wasserdesinfektion auf den Bakterienleib und die übrigen organischen Substanzen im Wasser erfolgt, ob der Lebensprozefs der niedersten Lebensformen dabei eine Rolle spielt und eine vorzügliche Inangriffnahme der organisch-lebendigen Substanz bedingt, entzieht sich vorläufig noch unserer Kenntnis.

Über die desinfizierende Kraft des $H_2O_2$ liegen nun bereits eine grofse Reihe von Arbeiten vor, und wir wollen hier nur kurz diejenigen, welche sich auf seine Verwendung als Trinkwasserdesinfiziens beziehen, erwähnen: Die ersten Untersuchungen in diesem Sinne wurden von van Hettinga Tromp 1887 angestellt, der zu folgenden Resultaten gelangte: $H_2O_2$ ist imstande, alle Keime im Wasser abzutöten. Die erforderliche Menge $H_2O_2$ ist dabei von der Menge und der Natur der Keime abhängig. Es genügt, um gewöhnliches, verunreinigtes Trinkwasser zu sterilisieren, ein Zusatz von 1 : 5000 bis 1 : 50000. Im speziellen werden Typhusbazillen bei Zusatz von 2 : 10000 in 24 Stunden, 5 : 10000 in 5 Minuten abgetötet. Für Choleravibrionen genügt 1 : 10000, um sie in weniger als 5 Minuten zu vernichten, dagegen erfordern Milzbrandsporen einen Zusatz von 5 : 10000 und 24stündige Einwirkung zu ihrer Vernichtung. Diese Resultate van Hettinga Tromps wurden zunächst von Professor Uffelmann ([26]) und auf seine Veranlassung von Dr. Altehoefer, Rostock ([16]), einer Nachprüfung unterworfen, die zu wesentlich anderen Ergebnissen führte. Zur vollständigen Vernichtung der gewöhnlichen und pathogenen Wassermikroben hält Altehoefer eine Konzentration des $H_2O_2$ von 1 : 1000 mit 14stündiger Einwirkung für unbedingt erforderlich. Im übrigen erachtet er mit van Hettinga Tromp $H_2O_2$ in den angewandten Mengen für ein schätzenswertes und völlig unschädliches Desinfektionsmittel zur Trinkwasserbereitung. Einen teilweise noch ungünstigeren Desinfektionseffekt

Digitized by Google

des $H_2O_2$ konstatierte 1894 P. F. Schilow ([18]). Ausgehend von dem sicherlich richtigen Gedanken, dafs die Anwendung ganz verschiedener Präparate des leicht zersetzlichen $H_2O_2$ die verschiedenen Versuchsergebnisse der Autoren bedinge und erkläre, stellte er sich nach Crismers Angaben durch Ätherextraktion ein von anorganischen Salzen und Mineralsäuren freies $H_2O_2$ dar, das mit Ag $NO_3$ sich nicht mehr trübte, und wobei der Niederschlag nach Zusatz von Ätzbaryt sich klar in HCl löste. Unter Verwendung so hergestellter $H_2O_2$-Lösung findet nun Schilow folgendes: Choleravibrionen sollen bei einem Zusatz 1 : 200 in 5 Minuten, bei 1 : 300 noch nicht in 1 Stunde abgetötet werden (NB. die Versuche wurden in Bouillonaufschwemmung angestellt). Typhus wurde bei 1 : 300 bis 400 in 30 Minuten, bei 1 : 1000 in 3 Stunden vernichtet. Auffallend ist übrigens, dafs dieser Autor im Gegensatz zu anderen Forschern für Choleravibrionen eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber der Einwirkung des Desinfiziens konstatiert als für Typhusbazillen. Zu diesen Arbeiten, die sich auf die Ermittlung des Desinfektionswertes von $H_2O_2$ und um dessen Brauchbarkeit zur Trinkwasserbereitung beziehen, gesellt sich dann noch eine Untersuchung von Gottstein, welche ein auffallendes Symptom bei der $H_2O_2$-Einwirkung, nämlich die Entwicklung von Gasblasen, als Ausgangspunkt wählt. Diese Gasentwicklung bei $H_2O_2$-Wasserdesinfektion ist nach Gottstein bezüglich der Quantität des entwickelten Sauerstoffs, sowie bezüglich der Intensität seiner Abspaltung proportional der in der Flüssigkeit enthaltenen Bakterienmenge, vorausgesetzt, dafs keine lebenden Zellen sonst in der Flüssigkeit vorhanden sind. Diese Annahme veranlafste Gottstein, $H_2O_2$ als makroskopischen Indikator für den Bakteriengehalt von Wasserproben zu empfehlen, da erst bei einem Gehalt von über 1000 Bakterien in 1 ccm diese Reaktion deutlich auftrete. Diese letztere Behauptung besteht jedoch nur dann zu Recht, wenn aufser den Bakterien keinerlei durch $H_2O_2$ oxydierbare Substanzen im Wasser vorhanden, und Laser ([20]), der die Behauptungen Gottsteins widerlegte, wies nach, dafs sogar in sterilem Wasser Gasentwicklung erfolge, also von Keimen vollständig unabhängig.

Digitized by Google

Auf Grund einer grofsen Reihe von Desinfektionsversuchen mit $H_2O_2$, die wir, ausgehend von den Angaben Altehoefers, dafs eine Konzentration 1 : 1000 bei 24stündiger Einwirkung am geeignetsten sei, im S. S. 1903 systematisch durchführten, fanden wir einen Zusatz von 0,1—0,2 : 1000 $H_2O_2$ zur Erzielung einer praktischen Wasserdesinfektion für ausreichend, vorausgesetzt, dafs man ein einwandfreies $H_2O_2$, wie es das Mercksche 30proz. $H_2O_2$ darstellt, verwendet und die Gewinnung keines sterilen, sondern eines möglichst keimarmen Wassers im Auge hat. Von diesen Versuchen seien nur die letzten ausschlaggebenden hier aufgeführt: Das Versuchswasser wurde einem Umflutgraben entnommen, zur Entfernung der Schwebestoffe mit Fliefspapier filtriert, zu je 500 ccm auf sterile Glaskolben gefüllt und mit $H_2O_2$ in 1proz. Lösung versetzt, so dafs eine Lösung 0,1 : 1000 entstand. Es wurden zwei gleiche Kolben mit $H_2O_2$ in dieser Weise behandelt, ein dritter diente zur Kontrolle.

Tabelle G.

| Umflutgraben-Wasser, unverdünnt | I. Probe Zusatz $H_2O_2$ : 0,1 : 1000 | II. Probe Zusatz $H_2O_2$ : 0,1 : 1000 | Kontrolle ohne $H_2O_2$-Zusatz |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn der Versuches . . . | 41 400 | 41 400 | 41 400 |
| » nach 1¼ Stunden Versuchsdauer | 10 368 | 13 920 | 32 256 |
| » » 4½ » » | 8 256 | 11 424 | 24 320 |
| » » 7¼ » » | 6 336 | 6 432 | 39 744 |
| » » 10 » » | 6 240 | 5 888 | 45 312 |
| » » 24 » » | 252 | 54 | ∞ |
| **Parallelversuch.** | | | |
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . . . | 15 792 | | 15 792 |
| » nach 14 Stunden Versuchsdauer | 168 | | ∞ |
| » » 17 » » | 19 | | ∞ |
| » » 24 » » | 8 | | ∞ |

In der ersten Reihe dieses Doppelversuches setzt ein Gehalt von $H_2O_2$ 1,0 : 10000 die sehr hohe Keimzahl in einem unreinen Wasser (nähere Angaben später) in 24 Stunden von 41400 auf

Digitized by Google

54 Keime herab. In der zweiten Serie ist der Erfolg noch ausgesprochener. Die Proben wurden wiederholt und besonders vor jeder Entnahme durchgeschüttelt, die Zählung der Gelatineplatten wurde so spät wie möglich vorgenommen, damit auch etwa sehr langsam wachsende Kolonien mit in Rechnung kämen.

Ein weiterer Versuch war folgender: Zu Kolben mit 500 ccm sterilem Wasser wurden 0,5 ccm von 24 stündiger, dichtgewachsener Typhus- und Cholerakultur (Bouillon) zugesetzt, so dafs 2 Kolben mit Cholera, 2 mit Typhus infiziert wurden. $^1/_2$ Stunde nach der Infizierung wurden die Kolben tüchtig durchgeschüttelt, von jedem eine Kontrollprobe von 1 ccm entnommen und damit 4 Bouillonröhrchen infiziert. Darauf wurden die Kolben mit dem aus der Tabelle ersichtlichen Prozentsatz von $H_2O_2$ versetzt, und nach bestimmten Zeiträumen Probekulturen in der Weise angelegt, dafs je 1 ccm von dem Inhalt eines Kolbens — nach vorherigem Schütteln desselben — zu einem Kulturröhrchen mit 9 ccm steriler Bouillon, und von diesem wiederum 1 ccm in ein zweites gleiches Röhrchen gegeben wurden. Diese Anordnung wurde getroffen, um eine etwaige Hemmungswirkung durch mitübertragenes Desinfektionsmittel auszuschliefsen. Die beschickten Bouillonröhrchen wurden bei 37° gehalten.

Tabelle H.

| Steriles Wasser: | Zusatz $H_2O_2$ : 0,25 : 1000 $H_2O$ | | | | Zusatz $H_2O_2$ : 0,125 : 1000 $H_2O$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Klb. I: Typhus | | Klb. II: Cholera | | Klb. III: Typhus | | Klb. IV: Cholera | |
| | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 100 |
| Entnahme nach: | | | | | | | | |
| $^1/_2$ Stunde | — | + | — | — | + | + | — | — |
| 1 » | — | — | — | — | + | + | — | — |
| $1^1/_2$ Stunden | — | — | — | — | — | + | — | — |
| 2 » | — | — | — | — | — | + | — | — |
| 3 » | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 » | — | — | — | — | — | — | — | — |

\+ = Wachstum, Bouillon getrübt,
— = kein Wachstum, Bouillon blank.

Der Versuch lehrt, dafs durch 0,125 : 1000 $H_2O_2$ Typhusbazillen in weniger als 4 Stunden, Choleravibrionen in weniger

Digitized by Google

als $^1/_2$ Stunde abgetötet wurden.[1]) Die zu Beginn entnommenen Kontrollröhrchen zeigten üppiges Wachstum. — Diesen Versuch wiederholten wir mit der Modifikation, dafs keimreiches Flufswasser als Ausgangsmaterial verwendet und jedem Kolben 0,25 ccm Typhus und gleichzeitig 0,25 ccm Cholerabouillon zugesetzt wurde. Neben den Bouillonkulturen wurden noch Gelatineplatten angelegt, und nach 6 Stunden Versuchsdauer der ganze Kolbeninhalt in alkalische 1 proz. Peptonkochsalzlösung verwandelt, um eventuell durch Anreicherung Choleravibrionen nachweisen zu können. Bei Beginn des Versuches wurden 25000 Keime pro 1 ccm gezählt; bei der ersten Probeentnahme nach 3 Stunden war das Maximum der gezählten Keime 35 pro 1 ccm. In keinem Falle gelang es uns, Choleravibrionen durch die Nitrosindolreaktion, welche die verwendete Stammkultur ausgesprochen gibt, nachzuweisen. Die spezielle Untersuchung auf Typhus durch Agglutination konnte bei dem Vorhandensein vieler anderer wie Typhus wachsender Bakterien, nur an Stichproben und hier mit negativem Resultat durchgeführt werden. Bezüglich der Typhusabtötung kann deshalb kein definitives Urteil gefällt werden (man mufs mit geeigneteren Nährmedien, Anreicherung nach Hoffmann und Ficker und Kultur auf v. Drigalski- und Conradi-Nährböden nachuntersuchen), und wir unterlassen daher die Anführung der Tabelle.

In keinem Falle wurde bei den Versuchen mit natürlichkeimhaltigen Wasser bei einem $H_2O_2$-Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ Keimfreiheit, sondern nur erhebliche Verringerung der Keimzahl erzielt, und es war von Anfang an auch nicht die Absicht, alle Keime zu vernichten. Ein absolut keimfreies Trinkwasser — dessen Bereitung die meisten Autoren als Endziel betrachten — ist für den menschlichen Organismus, dessen Verdauungsprozefs zum grofsen Teil auf die Tätigkeit von Mikroorganismen angewiesen ist, durchaus nicht erforderlich, und wenn auch die gewöhnlichen Wasserbakterien sicherlich keine Bedeutung für

1) Mehrere Kontrolluntersuchungen mit Gelatineplattenverfahren zeigten, dafs je nach der absoluten Menge der zugesetzten Spaltpilze die Keimfreiheit früher oder später eintrat. (Siehe auch letzten Absatz.)

Digitized by Google

den Tierkörper haben, ihr Fehlen also kein Nachteil ist, so bleibt dennoch »keimfreies Trinkwasser« eine übertriebene Anforderung. Zudem haben vor kurzem Proskauer und Schüder bei der Untersuchung der Wiesbadener Ozonisierungsanlagen bewiesen, wie ein Desinfektionsmittel (im angeführten Falle Ozon) die pathogenen Keime eines Wassers wohl abtöten kann, ohne dabei das Wasser keimfrei zu machen. Ein gleiches Verhalten möchten wir auch für das analog wirkende $H_2O_2$ annehmen, ohne vorerst den strikten Beweis dafür erbracht zu haben.

Alle bisherigen Versuche waren mit eisenfreiem Wasser angestellt, und der Gedanke, dafs ein Eisengehalt die Wirkung des $H_2O_2$ irgendwie beeinflussen könnte, gab uns Anlafs zu folgenden Versuchen. Ein Kolben wurde wie vorher mit 0,1 : 1000 $H_2O_2$ versetzt, einem zweiten wurde aufserdem noch 0,02 : 100 $FeSO_4$ zugegeben, ein dritter diente ohne Zusatz als Kontrolle. $FeSO_4$ verursacht in dieser Menge eine kaum merkliche Trübung und kommt natürlicherweise in Gewässern vor, ohne dieselben ungeniefsbar zu machen; es nimmt sehr begierig Sauerstoff auf und fällt mit ihm als wasserunlösliche Eisenverbindung aus. $FeSO_4$ könnte nun sowohl förderlich als hinderlich für die $H_2O_2$-Desinfektion sein; es könnte die Wirkung des $H_2O_2$ begünstigen, indem es als katalytisch wirkende Substanz die Umsetzung des $H_2O_2$ und den Übertrag des O auf oxydable Substanzen beschleunigen oder hemmen durch Eigenverbrauch von nascierendem Sauerstoff. Jedenfalls tritt bei Zusatz von $H_2O_2$ zu ferrosulfat-haltigem Wasser ein rascherer Ausfall der Eisenverbindung ein. Der unter den ebenangeführten Gesichtspunkten angestellte Versuch hatte folgendes Ergebnis:

Tabelle I.

| | Wasser + Zusatz von 0,1 : 100 $H_2O_2$ Nr. I | Wasser + 0,1 : 1000 $H_2O_2$ + 0,02 : 1000 $FeSO_4$ Nr. II | Kontrolle Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches | 2 888 | 2 888 | 2 888 |
| » nach 1 1/2 Stunden . . . | 144 | 96 | — |
| » » 2 1/2 » . . . | 11 | 17 | 1 296 |
| » » 4 » . . . | 3 | 2 | — |
| » » 5 » . . . | 5 | 3 | — |
| » » 6 1/2 » . . . | 4 | 3 | 386 |

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist man durch einen Zusatz von 1 : 1000 $H_2O_2$ imstande, ein keimreiches Wasser, unabhängig von einem gleichzeitig vorhandenen löslichen Eisensalz, in weniger als 4 Stunden in keimarmes Wasser zu verwandeln. Zur Sicherung wurde dieser Versuch wiederholt und noch auf zwei weitere wasserlösliche Eisenpräparate ausgedehnt, nämlich Ferrum carb. saccharat. und Ferrum oxydat. saccharat. Das Ausgangswasser wurde wiederum einem Umflutgraben entnommen und um das Zehnfache mit Leitungswasser verdünnt. $H_2O_2$-Zusatz 0,1 : 1000; Zusatz der Eisensalze 0,02 : 1000.

Tabelle K.

| | Umflutgraben-Wasser | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I. Ohne Zusatz Kontrolle | II. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ +0,02 : 1000 Ferr. carb. sacch. | III. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ +0,02 : 1000 Ferr. oxyd. sacch. | IV. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ + 0,02 : 1000 $FeSO_4$ | V. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ |
| Keimzahl bei Beginn des Versuches abends 9 Uhr | 2 686 | 2 686 | 2 686 | 2 686 | 2 686 |
| » nach 12 Stunden . . . | 998 | 6 | 5 | 3 | 5 |
| » » 18 » . . . | 464 | 5 | 5 | 3 | 7 |
| » » 24 » . . . | 1 160 | 5 | 3 | 4 | 7 |

**Parallelversuch.**

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches morgens 9 Uhr | 9 024 | 9 024 | 9 024 | 9 024 | 9 024 |
| » nach 6 Stunden . . . | 6 312 | 11 | 4 | 9 | 10 |
| » » 12 » . . . | 3 904 | 14 | 4 | 6 | 6 |
| » » 24 » . . . | 3 792 | 2 | 3 | 4 | 2 |

Die Wasserproben zeigen ein gleiches Verhalten wie bei Versuch J; insonderheit übt auch der Zucker in den Saccharateisenverbindungen, der darin ja im Überschufs vorhanden, keinen störenden Einflufs auf den Reinigungseffekt aus, und es scheint uns dieser Umstand darauf hinzudeuten, dafs wiederum, ähnlich wie bei der Ozonisierung, der Angriff des nascierenden O leichter auf die lebende Bakteriensubstanz — nach Gottstein sollen

Digitized by Google

die Nukleoalbumine durch $H_2O_2$ besonders leicht oxydiert werden — als auf die übrigen organischen Substanzen erfolgt. Dafs im übrigen die absolute Anzahl der Bakterien oder leicht oxydabler organischer Substanz bei einem so einfachen chemischen Körper, wie ihn das $H_2O_2$ darstellt, einen deutlichen Einflufs auf die Desinfektionsbreite ausübt (siehe Schilow u. a.), bedarf keines Beweises, aber solange die Gröfse der Affinität des O zu den einzelnen Substanzen nicht festgelegt ist, gestattet die Struktur eines Oxydationsmittels keinen Schlufs auf seine Ergiebigkeit als keimtötendes Mittel. Das $H_2O_2$ ist bei 0,1 : 1000 Zusatz noch nach Tagen in Wasser nachweisbar; so wurde z. B. in der Wasserprobe (Tab. G) nach 4 Tagen noch ein Gehalt von 0,057 : 1000 $H_2O_2$ titrimetrisch nachgewiesen. Der Gehalt an organischer Substanz betrug am 4. Versuchstage in der Kontrolle (ohne $H_2O_2$): 5,45 ccm, in der mit $H_2O_2$ versetzten Probe: 2,9 ccm $\frac{1}{100}$ Normal-Kaliumpermanganatlösung.

Diese Zahlen wurden dadurch gewonnen, dafs zunächst in der Kälte unter $H_2SO_4$-Zusatz mit $^1/_{100}$ N. $KMnO_4$-Lösung bis zur schwachen Rotfärbung titriert wurde; der Verbrauch wurde auf $H_2O_2$ bezogen. — Wir waren hierzu berechtigt, weil die Kontrolle (ohne $H_2O_2$-Zusatz) nur Spuren von Körpern (Nitriten) aufwies, welche Kaliumpermanganat in der Kälte reduzierten. — Alsdann wurden 20,0 ccm $^1/_{100}$ N. $KMnO_4$ weiter zugegeben und 10 Min. lang gekocht; nach dem Kochen Hinzufügen von 20,0 ccm $^1/_{100}$ N. $(COOH)_2$ und Zurücktitrieren des Überschusses an Oxalsäure wieder bis zur schwachen Rotfärbung. Der Verbrauch an Kaliumpermanganat in der Hitze wurde, wie üblich, auf oxydable (organische) Substanz bezogen. Alle diese Bestimmungen wurden doppelt ausgeführt.

Auch hier zeigt sich also wieder, dafs $H_2O_2$, wenigstens in der Konzentration 0,05 : 1000 neben oxydabler Substanz in Lösung bestehen kann. Ein analoges Verhalten findet sich bei $H_2O_2$-Zusatz zu alkalischer Bouillon. Solche Bouillon mit $H_2O_2$ im Verhältnis 0,1 : 1000 versetzt und im Brutschrank bei 37° gehalten, gibt noch nach Tagen sichere $H_2O_2$-Reaktion. Bringen

Digitized by Google

wir zu dieser Bouillon nun Typhuskulturaufschwemmung, so tritt bei mäfsigem Zusatz (etwa 2 gtt. einer 24stündigen Bouillonkultur) ein Absterben der Typhusbazillen ein, die Bouillon bleibt dauernd klar und $H_2O_2$-Reaktion positiv; setzen wir nunmehr zu einem solchen Bouillonröhrchen noch weiter Typhuskultur in genügender Menge (2—3 Platinösen Agarkultur) zu, so findet ein Absättigen des noch vorhandenen $H_2O_2$ statt, und der Überschufs an Typhusbazillen kann sich nun vermehren; untersuchen wir jetzt auf $H_2O_2$, so läfst sich dasselbe mit Ferrosulfat- und Jodzinkstärkelösung nicht mehr nachweisen. $H_2O_2$ kann also auch in der an organischer Substanz reichen Nährlösung bestehen und zwar in einer Konzentration, die Bakterien noch energisch abzutöten vermag. Erst durch das Zugeben von Bakterien wird es entweder rein chemisch oder biologisch umgesetzt; möglich wäre es auch, dafs beide Zersetzungen nebeneinander stattfänden.

Unter den eben angeführten Gesichtspunkten ist auch die Hemmungswirkung des Wasserstoffsuperoxydes auf Bakterienwachstum in Nährlösung zu betrachten. In der Literatur finden wir sehr verschiedene Zahlen für Wachstumshemmung von Typhusbazillen, z. B. einen Grenzwert von 1,0 $H_2O_2$ : 15000,0 Nährlösung (Bouillon) angegeben. Wir beobachteten wiederholt Wachstum von Typhusbazillen, wenn wir einem Bouillonröhrchen von 10,0 ccm Inhalt so viel Wasserstoffsuperoxyd zusetzten, dafs eine Konzentration 1 : 10000 entstand, und dieses Röhrchen dann mit 4 gtt. einer dichtgewachsenen 24stündigen Typhusbouillonkultur infizierten. Auch bei einem höheren Gehalt, z. B. 1 : 5000 tritt Wachstum ein, sofern nur eine genügende Bakterienmenge zur Infizierung verwendet wird. Das Nährsubstrat wird durch $H_2O_2$-Zusatz offenbar nur wenig verändert; die ganze Hemmungswirkung, wenn man von einer solchen im vorliegenden Falle überhaupt reden darf, ist als quantitativ aufzufassen, d. h. Wasserstoffsuperoxyd und Bakterienmenge reagieren aufeinander; ist $H_2O_2$ im Überschufs, so werden alle Bakterien vernichtet, sind die Bakterien im Übermafs vorhanden, so tritt Wachstum ein.

Digitized by Google

Diese Wachstumsuntersuchungen pathogener Bakterien in Nährlösung fanden bei 37° statt und gestatten keinen Schlufs auf das Verhalten derselben Bakterien im Wasser bei natürlichen Temperaturverhältnissen. Hier befinden sich diese Mikroorganismen sowohl bezüglich der Temperatur als auch bezüglich ihrer Ernährung in einer meist sehr ungünstigen Lage und haben aufserdem noch den Konkurrenzkampf mit den natürlichen Wasserbakterien zu bestehen, welche auf die vorhandenen Existenzbedingungen akkommodiert sind. Diese Umstände müssen bei der Wasserstoffsuperoxyddesinfektion des Wassers ebensogut ausschlaggebend sein wie die absolute Anzahl der vorhandenen Bakterien. Nähere Untersuchungen hierüber behalten wir uns vor. Zum Schlusse sei noch auf einen Umstand hingewiesen, der die bakterientötende Wirkung der Luftdurchspülung, die wir im ersten Teile dieser Arbeit behandelt, mit der $H_2O_2$-Desinfektion nahe verwandt erscheinen läfst: nach Schöne ([27]) findet sich normalerweise, wenn auch nur in Spuren, in der Luft Wasserstoffsuperoxyd, und es ist daher sehr wohl denkbar, dafs die keimvernichtende Wirkung der Luft unter den angeführten Bedingungen eine $H_2O_2$-Wirkung ist; auch die Selbstreinigung der Flüsse beruht nach Dieudonné, z. B. auf Wasserstoffsuperoxydwirkung.

Überblickt man die angeführten Untersuchungen über Verbesserung des Trinkwassers durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd, so ergibt sich, dafs diesem Mittel ein höherer Desinfektionswert und gröfsere Brauchbarkeit zur Trinkwasserbereitung besonders für kleine Verhältnisse zuerkannt werden mufs, als dies bisher der Fall war. Wasserstoffsuperoxyd wird jetzt in 30proz. haltbarer Lösung in den Handel gebracht; es läfst sich daher zur Wassersanierung auf Expeditionen etc. leicht mitführen und stellt auch für den Hausgebrauch ein wohlverwendbares Desinfektionsmittel dar.

---



Digitized by Google

## Literaturverzeichnis.

1. W. Stahl, Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Verunreinigung und Selbstreinigung kleinerer Flufsläufe in der Umgebung von Freiburg i. B. Freiburg. Inaug.-Dissert. 1904.
2. Schüder, Die Wassersterilisation. Gesundheits Ing. 03, 12, 194.
3. Leone C., Untersuchungen über die Mikroorganismen des Trinkwassers und ihr Verhalten in kohlensauren Wässern. Arch. f. Hyg. IV, 168.
4. Fromme, Über Beziehungen des metallischen Eisens zu den Bakterien und über den Wert des Eisens zur Wasserreinigung. Marburg. Inaug.-Dissert.
5. Über das Verhalten verschiedener Bakterienarten im Trinkwasser. Ztschr. f. Hyg. I, 76.
6. Heraeus, Über das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser sowie über reduzierende und oxydierende Einwirkung der Bakterien. Ztschr. f. Hyg. I, 196.
7. Rossi, Contribution à l'étude bacteriologique des eaux. Genève 1892.
8. Rubner, Beitrag zu der Lehre von den Wasserbakterien. Arch. f. Hyg. XI, 365.
9. Cramer, Die Wasserversorgung von Zürich. 1885.
10. Wolffhügel und Riedel, Die Vermehrung der Bakterien im Wasser, Arb. a. d. K. G. I, 455.
11. Schmidt B., Über den Einflufs der Bewegung auf das Wachstum und die Virulenz der Mikroben.
12. Lehmann B. K., Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden, Bergmann, 1901, 2. Aufl.
13. Rapp, Über den Einflufs des Lichtes auf organische Substanzen mit besonderer Berücksichtigung der Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. 48, 179.
14. Kabrhel, Bakteriolog. u. kritische Studien über Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. 30, 32.
15. van Hettinga Tromp, Waterstofsuperoxyde tu desinfectie van drinkwater. Inaug.-Dissert., Groningen, Holland, 1887.
16. Altehoefer, Über die Desinfektionskraft von $H_2O_2$ auf Wasser. Zentr.-Bl. 8, 129.

Digitized by Google

17. Richardson, The aktion of light in preventing putrefactive decomposition: and in inducing the formation of hydrogen peroxide in organic liquids. Zentr. Bl. 16, 42.
18. Schilow, Über Einflufs des $H_2O_2$ auf einige pathogene Mikroorganismen. St. Petersburg, Med. Wochenschr, 1894, Nr. 6.
19. Gottstein, Über Zerlegung des $H_2O_2$ durch die Zellen mit Bemerkungen über eine makroskopische Reaktion für Bakterien. Virch. Arch. LXXXIII, Heft 2.
20. Laser H., Die makroskopische Wasseruntersuchung durch Anwendung von $H_2O_2$. Zentr.-Bl. 16, 182.
21. Weil Th., Keimfreies Trinkwasser mittels Ozon. Zentr.-Bl. 26, 15.
22. Erlwein, Die Trinkwasserreinigung durch Ozon nach Siemens u. Halske. Zentr.-Bl. 30, 410.
23. Schüder, Über das Hühnermannsche Verfahren der Wasserdesinfektion nebst Bemerkungen über die bei der Prüfung derartiger Desinfektionsmittel anzuwendenden Untersuchungsmethoden. Ztschr. f. Hyg. 39.
24. Fraenkel C. und Piefke C., Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Ztschr. f. Hyg. 8, 1.
25. Proskauer und Schüder, Weitere Versuche mit Ozon als Wassersterilisationsmittel im Wiesbadener Ozonwasserwerk. Gesundheits-Ing. 1903, 48, Nr. 3.
26. Uffelmann, 6. Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der Hygiene. (1885, 47 u. 48.)
27. Schöne, Über den Nachweis des $H_2O_2$ in der atmosphärischen Luft und den atmosphärischen Niederschlägen. Ztsch. f. analyt. Chemie 33, 137.
28. Dieudonné, Beiträge zur Beurteilung der Einwirkung des Lichtes. Arb. a. d. R.-G. 93—94.



Digitized by Google

YD 11576

BIOLOGY
LIBRARY

754921

RA421
A75
v.50

PUBLIC
HEALTH
LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

Digitized by Google



Digitized by Google